



TITLE:

上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応に関する二、三の研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

山村, 勝美

CITATION:

山村, 勝美. 上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応に関する二、三の研究. 京都大学, 1979, 工学博士

ISSUE DATE:

1979-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r3827>

RIGHT:

上水道の水質管理上の諸問題と
その技術的対応に関する二・三の研究

山 村 勝 美

上水道の水質管理上の諸問題と
その技術的対応に関する二・三の研究

山 村 勝 美

目 次

「上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応 に関する二・三の研究」

緒 言

第Ⅰ編 わが国における上水道の水質管理に関する研究	4
第Ⅰ章 水道にかかる水質問題の現状と課題	4
第1節 水道創設期における水質問題	4
第2節 水質汚濁の概況と水道被害	9
第3節 水道における水質問題とその対応の概観	21
第4節 第Ⅰ章のまとめ	23
第Ⅱ章 最近における主要な水質管理上の課題と 工学的対応に関する考察	29
第1節 湖沼等の富栄養化と水道被害	29
第2節 活性炭処理の現状と今後の方向	34
第3節 浄水場排水・汚泥の処理・処分の現状と今後の課題	68
第4節 ダムによる濁水の長期化現象とその対応	90
第5節 酸性河川の活用例と課題	97
第6節 雑用水道の意義と今後の方向	107
第7節 第Ⅱ章のまとめ	118

第Ⅲ章 水道水とその原水の水質基準等に関する考察	127
第1節 わが国における水質基準の変遷	129
第2節 水質基準のあり方とその運用法	155
第3節 水道原水の水質クライテリア	161
第4節 水質環境基準とその運用に関する考察	170
第5節 第Ⅲ章のまとめ	190
第Ⅳ章 上水道の水質管理体制の現状と将来の方向に関する 考察	193
第1節 原水水質の監視・測定の実況	194
第2節 水質検査体制の整備状況	199
第3節 水質管理センター構想	205
第4節 第Ⅳ章のまとめ	214
第Ⅱ編 水道原水の水質特性と浄水管理についての一考察	217
第1節 水質特性の総合的表示法 ― 主成分分析	218
第2節 代表水質項目の選定	220
第3節 主成分分析の結果と考察	223
第4節 水質特性による浄水場の類型化と水質管理	228
第5節 総合指標と薬品注入量	232
第6節 第Ⅱ編のまとめ	236
結 論	239
参考文献	245

「上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応

に関する二・三の研究」

緒 言

筆者も参加する機会を得た国連水会議（1977、アルゼンティン国、マルデルプラタ）において、「水系伝染病は開発途上国のあらゆる疾病の中で第一にランクされる」とし、「潤沢にして安全な水の供給をうけているのは、都市人口の50%以下、農村人口の10%以下で、少くとも都市人口の20%、農村人口の75%が安全な水の供給をうけていない」と指摘し、更に同会議においてWHOは「全世界の人口の2/3が安全な水の供給をうけておらず、少くとも1/4が危険な状態にあり、毎日2万5千人が水を介しての疾病により死亡している」と報告している。このような事情に対応して同会議は1980年～1990年をDrinking Water and Sanitation Decadeとして、全世界的に安全な飲料水の確保とその衛生的環境の改善を図ることを決議した。

それはさておき、このような開発途上国における病原細菌の汚染に対する恐れは、わが国において江戸末期から明治にかけてコレラ、赤痢の大流行を経験し、これに対して政府が「飲料水注意法」（明治11年）を発して井戸等の汚染防止を指導し、又「水道敷設ノ目的ヲ決定スルの件」（明治20年）を閣議決定して、衛生の確保のため公営水道の布設の方針を決定した水道創設期を想起させる。

このようにコレラ等の水系伝染病の予防を目的として出発したわが国の水道は、先ず開港都市からその整備が進められ、順次全国の主要都市に及ぶが、とりわけ高度経済成長期にめざましい発展を遂げ、昭和30年度末の人口普及率37.7%は、昭和50年度末には87.6%に達し、20年間に総人口の増加を含み、普及率にして実に50%の増をみた。その背景として、水道の国民生活における衛生性の確保や文化生活の維持・向上にかかる不可欠性に対する意識の向上、都市化

の進展と諸産業の振興に伴う水需要の増という必然性に加えて、水道事業が公営企業としての独自性と起債中心の財源確保が比較的容易であったこと、採算性の低い農山漁村地区の普及対策として国庫補助制度による簡易水道の整備などが大きく寄与していると考えられる。また技術問題としては、水源も比較的、近接した点で、清浄な水が得られたことも、順調な水道整備を促したものといえようし、又関係者の尽力があったことはいうまでもない。

しかしながら、今日の水道の発展をみるまでには、近代産業の発達及び都市化の進展に伴なって、水道の水質問題も多様化をたどり、概していえば、初期の細菌学的汚染に無機性及び有機性の化学的汚染が逐次拡大していったといえる。例えばわが国における飲料水の水質表示を公的な水質検査法や水質基準についてみると、第Ⅰ編第Ⅲ章で詳述するように、明治初期から第二次世界大戦直後までは、主として細菌汚染とこれに関係する有機汚染にかかる指標が中心で、僅かに鉛（明治３７年）、鉄（大正１５年）、銅（昭和１１年）があったに過ぎなかったが、戦後、シアン、水銀、フッ素、ヒ素、六価クロム、亜鉛、フェノール（昭和２５年）が加わったのをはじめ、その後有機リン（昭和３３年）、陰イオン活性剤（昭和４１年）、カドミウム（昭和４９年、暫定基準）、セレン（昭和５３年、暫定基準）が追加された。また最近ではアセトアルデヒド等の地盤凝固剤、ＰＣＢ等の新化学物質による汚染の危惧、家庭下水等の有機汚染に伴う微量有機汚染物質、ビールス等も問題視されるに至っている。

水道の水質問題とその対応の主要なものを列記すれば次のようである。

(1) 河川、湖沼の水質汚濁の進行と水資源の不足による質的選択性の抑制

- ア 大都市周辺の高汚濁と汚濁の地方分散
- イ シアン、フェノール等の混入など突発事故の増加
- ウ 湖沼、人工貯水池の富栄養化の進行と異臭味問題
- エ 新規化学物質、未確認有機物質に対する不安

(2) 水質指標とその検査法及び基準値の見直し、又は追加

(3) 人工貯水池に伴う濁水の長期化、高汚濁河川水や下水処理水の活用（雑用水道）、酸性河川の利用、海水の利用（海水の淡水化）

- (4) 浄水処理の高度化、浄水場排水・汚泥の処理・処分
- (5) 水道用薬品、資材からの不純物質の溶出、赤水の発生、ビル等の受水槽以下の水質汚染等、水道施設での水質汚染
- (6) 水質管理体制の拡充
- (7) 水質関連技術の研究開発の促進、水質関係技術者の育成、再訓練等

これら水質にかかる諸問題への対応には、個々の課題についての基礎的及び応用面の技術的調査研究が基本となることはいうまでもないが、その成果を行政技術として採択し、普遍化し、必要に応じて基準化し、助成し、あるいは法制化していくことが、その調査研究の目的を具体化させるうえで重要な役割を果たしていると考えられるものである。

筆者は幸いにして長い期間水道行政に掌わり、又廃棄物行政、水質保全行政にも相当期間にわたり関与し、それぞれの行政分野で管理職としての経験も積むことができた。

本論文は「上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応に関する二・三の研究」と題して、第Ⅰ編においては水道をめぐる水質問題を歴史的に考察し、現状と課題を網羅的に整理する（第Ⅰ章）とともに、最近における主要な課題に対する工学的対応に考察を加え（第Ⅱ章）、水道水の水質基準の変遷、そのあり方や運用方法及び水道原水基準や水質汚濁にかかる環境基準とその運用について考察し（第Ⅲ章）、それぞれに若干の提言をした。つぎに水道事業における水質管理体制の現状を解析し、将来の方向について提言した（第Ⅳ章）。

第Ⅱ編においては、原水水質の浄水管理上の水質特性を、わが国の主要浄水場の水質値について主成分分析法を用いて総合指標で表示し、原水水質の類型化を行なうとともに、類型と浄水管理上の留意点について考察した。

これらの課題はいずれも筆者が公的な立場から、あるいは個人として、何らかの形で発表してきたものであるが、今回これを取りまとめることにより、水道水質に関する行政技術の一つのステップとなり、今後の進歩の礎となれば幸いである。

第Ⅰ編 わが国における上水道の水質管理に関する研究

第Ⅰ章 わが国における上水道の水質問題の現状と課題

第1節 水道創設期における水質問題

わが国における近代水道の創設期の水質問題は、コレラ、チフス、赤痢等の消化器系伝染病による汚染が主たる関心事であった。水道は伝染病予防の抜本的な対策として位置づけられ、中央政府の政策として技術的、財政的援助が行なわれた。

すなわち、江戸末期から明治にかけて外国との交易が開かれると間もなく、外国からの病原菌の侵入が始まり、文政5年（1822年）と安政5年（1858年）万延元年（1860年）にはコレラの大流行が発生している。続いて明治元年から明治20年までの間をみると、コレラの流行しない年はなく、その間の患者総数は412,570人、うち死亡者数273,816人に達しており、とくに明治12年（1879年）、明治19年（1886年）には10万人を越す死亡者が出ている。また赤痢および腸チフスは、明治11年以降毎年発生して、患者総数はそれぞれ157,876人（死亡38,996人）、250,867人（同59,350人）に達している。

このような伝染病流行の原因は飲料水の汚染によるものであり、当時の東京は神田、玉川両上水に依存し、又、大阪市、横浜市などは河水を水売りの手によって求めている所が多かったし、その他の都市においては井戸などの構造、環境が悪いことによるものであった。

このような事情を背景として、政府は明治11年（1878年）5月に「飲料水注意法」を発して、井戸側の修理、新設、井戸流しの修理による汚水の浸透防止や便所の位置、汚物・ごみの投棄禁止、井戸さらいの励行など、井戸水の清潔保持を指導した。

しかし、前述のようにコレラの大流行は繰り返えされ、抜本的対策としての近代式水道の布設の必要性が強調された。

明治20年6月には、政府の諮問機関であった中央衛生会は、「水道布設促進の建議文」を政府に提出して、コレラの予防には上水道および下水道の布設が必要であり、財政上同

時に布設できなければ、まず上水道を布設することが必要であることを強調して、その普及のための政府の強力な措置を要望した。

政府としても、近代式水道の布設が大きな世論となったことに伴って、各都市が急速に水道の布設を企画するに及んで、明治20年（1887年）には「水道布設ノ目的ヲ一定スルノ件」を決定した。水道布設の目的は、衛生の確保、とくに悪疫流行の予防にあり、従って、水道の経営は営利主義を排し、公益優先主義を採用することとし、地方公共団体による布設・経営を原則とする旨の基本方針を樹立して、水道行政の向うべき方向を決定した。

これらの史実は日本水道協会編の日本水道史等に詳しく収録されているが、水道創設期における、水道布設の目的は、悪疫の流行の予防、いかえればコレラ、赤痢、腸チフスに代表される水系伝染病の予防にあったことは明らかであり、水源の選定、浄水方法の選定、施設および水質の管理という一連の水質への配慮も、主として病原菌汚染の予防あるいは除去の観点から行われたであろうことは推察に難くない。

このようなわが国の近代的水道の有史以前の状態は、まさに現在の多くの開発途上国において再現されているところである。筆者も出席する機会を得た国連水会議（1977年3月14日～26日、アルゼンティン国、マルデルプラタ）に提出された **Resources and Needs ; Assessment of the world water situation**（2, July, 1976）において、「水系伝染病は開発途上国のあらゆる疾病の中で第一にランクされる」とし、「潤沢にして安全な水の供給をうけているのは、都市人口の50%以下、農村人口の10%以下で、少なくとも都市人口の20%、農村人口の75%は安全な水の供給を受けていない」と指摘している。更にWHOから提出された **Report on Community Water Supplies**（19, Jan., 1977）においても、「全世界の人口の2/3が安全な水の供給を受けておらず、少なくとも1/4が健康に危険な状態にある」と指摘し、毎日2万5千人が水を介しての疾病により死亡していると報告している。また同会議の総会において開発途上国の代表の大部分が、その代表演説の中で安全な飲料水の確保を訴えている（表Ⅰ－1－1）。

また、筆者がパキスタン国イスラマバード水道調査団長として訪バした時に見たラホール、カチラ等の都市の周辺、あるいは他の機会に見聞した東南アジア諸国の都市の周辺のスラム

地区の生活環境、飲料水の確保、排水状況に関する衛生状態の劣悪さは、開発途上国にかかる世界的規模での現実であることを確認した。勿論、各国の社会経済的事情によって状況は異なるであろうが、近代化の遅れたこれら開発途上国の水問題における最大の関心事は、わが国における近代水道史の創始期と同様に病原菌汚染からの回避にあることは明白である。

このような飲料水に伴う消化器系伝染病の流行の恐怖は、わが国においても比較的最近まで継続した。表Ⅰ－１－２、図Ⅰ－１－１は、わが国における水道普及率と水系消化器伝染病患者数との関係を示す。消化器系伝染病の消長は、その国の医療事情、栄養状態も関係があらうが、図から水道普及率が５０％を超えた昭和３５年以降の消化器系伝染病患者数の減少が顕著である。また衛生的な水の確保のためには水源汚染が生じないようし尿の衛生処理率が間接的な影響をもつであろうが、水系消化器系伝染病患者数発生数は水道普及率の上昇とともに減少しているといえよう。反面、過去水道を媒介として消化器伝染病が集団発生したいくつかの事例がある。これは主として塩素消毒が十分でなかったことによるが、最近では管理水準が向上したことのほか、むしろ尿の衛生処理率の向上に伴ない細菌汚染が減少したことも大きく寄与しているものと推察している。

表I-1-1 世界の飲料水の確保状況と改善目標（1990）；国連水会議（1977・3）WHO策定

区 分	都市・農村 区 分	サービス形態	1975	1990
			サービス人口 (対区分人口比)	サービス人口 (対区分人口比)
飲料水供給施設	都 市 部	各戸給水	億人 (%)	億人 (%)
		共同栓給水	3.35 (57)	6.20 (57)
		計	1.15 (20)	4.68 (43)
	農 村 部	各 ^(注) 種	4.50 (77)	10.88 (100)
	計		3.13 (22)	18.82 (100)
し尿処理施設	都 市 部	公共下水道	7.63 (38)	29.70 (100)
		各戸処理	1.48 (25)	2.72 (25)
		計	2.89 (50)	8.16 (75)
	農 村 部	各戸処理	4.37 (75)	10.88 (100)
	計		2.09 (15)	18.82 (100)
			6.46 (32)	29.70 (100)

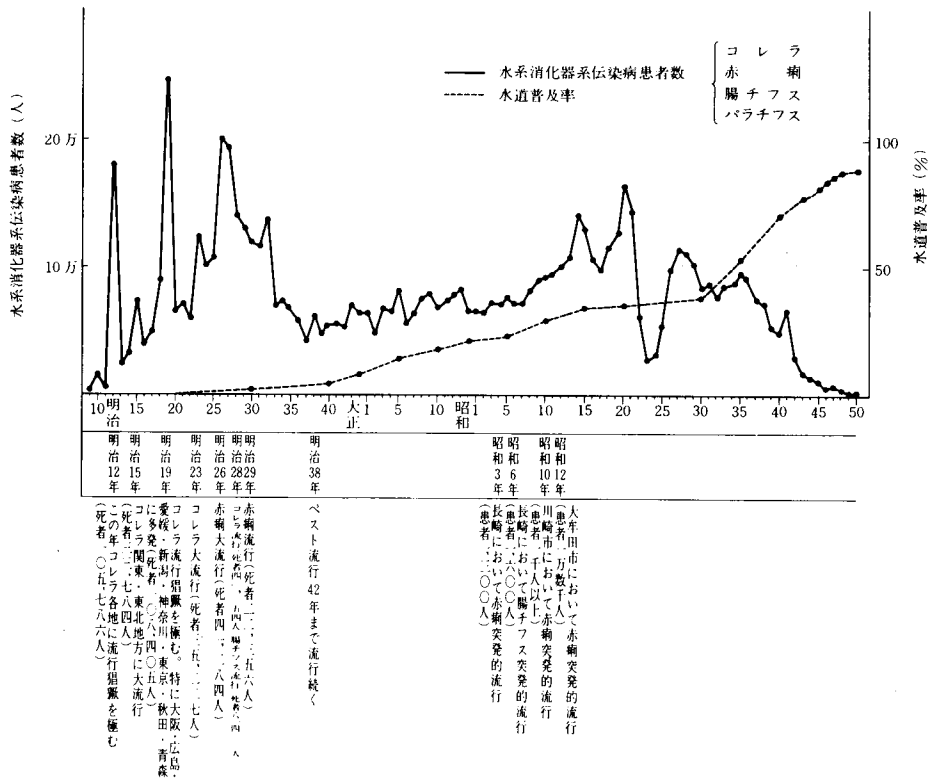
- (注) 1. 中国等、一部の国は含まれていない。
 2. 飲料水供給施設の各種とは、各戸井戸、わき水等を含み、安全な水の供給を意味する。
 3. 年間投資額（1990年までの平均）は、71'～75'の平均の都市部約2倍、農村部約4倍になっている。

表Ⅰ－１－２ 水道普及率と消化器系伝染病患者数（水系）の推移

年 次		水 道 施設数	計 画 給水人口	実 給水人口	普 及 率	消化器系伝染病 患者数（水系）	備 考
		カ所	万人	万人	%	人	
M	12	1879	—	—	—	181,456	コレラによる死者 105,786人
	19	1886	—	—	—	246,473	同 上 108,405人
	20	1887	1	7	0.3	64,824	M. 23,28 コレラの大流行 (死者3～4万人)
	30	1897	6	93	2.2	118,969	M. 26,29 赤痢の大流行 (死者2～4万人)
	40	1907	10	176	3.7	54,488	
	44	1911	23	418	8.4	63,675	
T	5	1916	43	741	13.9	81,441	
	10	1921	55	1,009	18.0	68,674	
	14	1925	106	1,226	20.7	66,164	
S	5	1930	198	1,500	23.4	75,506	
	10	1935	277	1,997	29.1	91,117	
	15	1940	339	2,415	33.8	130,646	
	20	1945	357	2,511	34.8	164,454	
	25	1950	383	2,609	(約35)	56,374	
	30	1955	8,226	—	3,368	37.7	83,183
	35	1960	14,970	—	4,991	53.4	95,862
	40	1965	18,845	—	6,840	69.9	49,481
	45	1970	19,503	—	7,800	76.9	10,257
	50	1975	19,039	—	9,840	87.6	2,103

(註) 患者数は、「衛生局年報」(S. 11まで)、「衛生年報」(S. 12～23)、「伝染病精密統計年報」(S. 24～26)、「伝染病および食中毒精密統計年報」(S. 27～32)、「伝染病および食中毒年報」(S. 33～34)、「伝染病および食中毒統計」(S. 35～)による。

図 I - 1 - 1 水道普及率と消化器系伝染病患者数（水系）の推移



第2節 水質汚濁の概況と水道被害

I-2-1 水質汚濁の現状とその特徴

最近における公共用水域の水質汚濁の状況は、近時の排水規制の強化等を反映して、総合的には改善の傾向にある。

・ 水質汚濁防止法第15条により、都道府県知事は公共用水域の水質汚濁の状況を常時監視することになっており、都道府県毎にそれぞれ毎年測定計画を作成し、これに従って国および地方公共団体は水質の測定を行っているので、その結果から水質改善の状況をながめてみると次のようである。

まず人の健康に関する項目（シアン、アルキル水銀などの9物質）については、環境基準値を超える検体数の総検体数に対する割合（以下「不適合率」という）は逐年低下して

おり、昭和46年度（環境基準が設定された翌年度に相当）においては0.6%（504/89,074）であったの比し、昭和51年度は0.09%（140/161,258）となっており、前年度におけるアルキル水銀ならび有機リンに加え、6価クロムについても全く検出されなかった。（表I-2-1）

また生活環境項目について、有機汚濁の代表目標であるBOD（湖沼についてはCOD）でみると不適合率は、昭和46年度において河川43.1%（6,054/14,053）、湖沼77.4%（438/566）であったのに比べ、昭和51年度においては、河川30.7%（16,450/53,566）、湖沼62.1%（1,926/3,102）となり各水域とも低下し、水質改善のあとがみられる。なお生活環境項目についてこれを環境基準類型の当てはめが行われている2,106水域（河川2,024、湖沼82）におけるBOD又はCODの環境基準達成状況をみると、1,198水域（河川1,164、湖沼34と全体の56.9%）が達成されており、改善のあとがみられるとしている。（表I-2-2）

概して湖沼や大都市を後背地とする河川や海域では、他の水域と比べその達成率は依然として低く、なお改善を要する状況にある。このように最近の水質汚濁の状況は、有害物質というより、むしろ有機汚濁に基因していることが大きいといえる。もちろん新たな化学物質による汚濁の顕在化することも予想して有害物質による未然防止について厳しい対処が必要なことはいうまでもない。

これら水質汚濁の状況を主として有機汚濁に着目して水域分類別に整理すると以下のようになる。

(1) 河川

第一は、大都市又はその近郊の河川についてである。隅田川、木曾川、淀川等の大都市又はその近郊を貫流する大河川にあっては、排水規制の強化ならび下水道の整備などの対策が早くから講じられており、水質は流域人口の増大にもかかわらず改善の方向にある。しかしながら、流域において急テンポで宅地開発が進められている鶴見川、日光川、多摩川、大和川等にあっては、生活排水等の増加により、依然としてBOD 10 ppm以上の水質であり、下水道の整備促進を図っていかなければならない状況である。（図I-2-1）

第二は都市内の中小河川についてである。東京、大阪等の大都市内河川や大都市の衛生都市及び地方の中核都市を流れる中小河川は、共通して流域人口の増加がみられる反面、河川流量が少なく、水質が悪い河川が多い。例えば、綾瀬川、立会川（東京）等は、BOD値で10 ppmをはるかに超え、魚介類が生息しないだけでなく、長年の汚濁物質が河床に堆積し、悪臭を発生する原因ともなっている。他方、同じ都市内の中小河川である堀川（愛知）、土佐堀川（大阪）のように下水道の整備及び河床のヘドロのしゅんせつにより、水質が環境基準以下に改善されてきている河川もある。

第三は、地方の大河川についてである。地方の大河川は、一般的に流量が多く、地域に大きな汚濁負荷量を有する工場が立地していない場合には、本川においてBOD値で1～3 ppm程度の比較的良好な水質を維持しており、利水上特に大きな障害を生じていない。江の川、吉野川等は、流域に特に大きな汚濁源がなくBOD値で1 ppm程度の良好な水質を示している。また最上川、信濃川等では、工場排水や生活排水により汚濁された支川の流入により部分的に影響を受ける箇所があるが、排水規制の強化等により水質の汚濁状態は、ほぼ横ばいあるいは改善されるという方向にある。

(2) 湖 沼

湖沼は、自然の状態においても窒素、リン等の栄養塩類が流入することにより、湖水中の生物が繁殖生長し、生物体内に移行した栄養塩類が湖水中に蓄積され、累進的にその水質が悪化する。このようないわゆる富栄養化現象は、人為的にも促進されており、一度富栄養化すればその後に汚濁源を排除しても湖沼の停滞性に起因して、容易に元の状態に戻らないのが特徴である。湖沼水質汚濁は、このように河川とは異なった側面をもっている。このように富栄養化された状況の下で、その発生機構は科学的になお十分解明されているわけではないが、アオコの大量発生、魚介類の大量へい死、水道原水の異臭等の被害がしばしば生じている。琵琶湖、霞ヶ浦における栄養塩類の経年変化を表1-2-3に示しているが、各種の水利用上重要な他の湖沼においても富栄養化の進行がみられ、今後の富栄養化対策が緊急に要請されている。

表 I - 2 - 1 不適合率の推移〔健康項目〕

項 目	年 度	調査対象検体数 E	環境基準を 超える検体数 F	割 合 F/E (%)
カドミウム	46	15,944	114	0.7
	47	27,951	95	0.34
	48	30,567	98	0.32
	49	31,915	119	0.37
	50	32,851	103	0.31
	51	30,248	45	0.15
シ ア ン	46	12,453	142	1.2
	47	22,223	113	0.5
	48	23,969	49	0.2
	49	25,060	16	0.06
	50	26,037	4	0.02
	51	24,464	7	0.03
有 機 リ ン	46	5,116	11	0.2
	47	12,004	0	0.
	48	11,403	0	0.
	49	12,304	0	0.
	50	10,713	0	0.
	51	9,810	0	0.
鉛	46	14,515	202	1.4
	47	27,067	181	0.7
	48	30,228	166	0.55
	49	31,818	118	0.37
	50	31,939	101	0.32
	51	30,606	29	0.09
クロム (6 価)	46	11,532	15	0.1
	47	22,437	15	0.07
	48	23,856	20	0.08
	49	25,438	8	0.03
	50	25,722	4	0.02
	51	25,088	0	0

項 目	年 度	調査対象検体数 E	環 境 基 準 を 超 える 検 体 数 F	割 合 F/E (%)
砒 素	46	11,530	48	0.4
	47	21,991	64	0.29
	48	23,848	75	0.31
	49	26,005	71	0.27
	50	28,447	67	0.24
	51	26,520	51	0.19
総 水 銀	46	12,360	32	0.3
	47	22,727	8	0.04
	48	24,611	3	0.01
	49	—	—	—
	50	—	—	—
	51	—	—	—
アルキル水銀	46	5,624	0	0.
	47	10,968	0	0.
	48	12,590	0	0.
	49	12,246	0	0.
	50	11,695	0	0.
	51	10,785	0	0.
P C B	46	—	—	—
	47	—	—	—
	48	—	—	—
	49	—	—	—
	50	3,130	12	0.38
	51	3,737	8	0.21
計	46	89,074	504	0.6
	47	167,368	476	0.3
	48	181,072	411	0.23
	49	164,786	332	0.20
	50	170,534	291	0.17
	51	161,258	140	0.09

表 I - 2 - 2 (1)不適合率の推移〔生活環境項目～河川〕

項 目		P H			D O			BOD		
類型	年度	E	F	F/E(%)	E	F	F/E(%)	E	F	F/E(%)
AA	4 6	352	1	0.3	347	2	0.6	338	124	36.7
	4 7	984	14	1.8	978	18	1.8	968	372	38.4
	4 8	1,594	37	2.3	1,542	29	1.9	1,549	611	39.4
	4 9	2,260	62	2.7	2,254	74	3.3	2,257	856	37.9
	5 0	2,536	69	2.7	2,432	36	1.5	2,442	766	31.4
	5 1	2,881	91	3.2	2,983	57	1.9	2,931	910	31.0
A	4 6	4,038	109	2.7	4,124	224	5.4	4,068	1,257	30.9
	4 7	10,724	309	2.9	10,288	750	7.3	10,236	3,197	31.2
	4 8	15,373	563	3.7	14,577	1,530	10.5	14,636	5,069	34.6
	4 9	19,999	489	2.5	19,459	1,622	8.3	19,498	5,307	27.2
	5 0	21,006	549	2.6	20,632	1,700	8.2	20,519	4,999	24.4
	5 1	22,386	503	2.2	22,104	1,390	6.3	22,271	5,315	23.9
B	4 6	3,877	218	5.6	3,742	135	3.6	3,805	1,354	35.6
	4 7	6,813	411	6.0	6,724	245	3.6	6,708	2,286	34.1
	4 8	10,128	659	6.5	10,044	506	5.0	10,021	3,855	38.5
	4 9	11,747	557	4.8	11,628	453	3.9	11,509	3,526	30.6
	5 0	11,754	510	4.3	11,556	424	3.7	11,478	3,147	27.4
	5 1	14,202	484	3.4	13,841	441	3.2	13,924	3,933	28.2
C	4 6	1,902	23	1.2	1,931	173	9.0	1,919	766	39.9
	4 7	3,278	60	1.8	3,247	543	16.7	3,243	1,523	47.0
	4 8	4,290	137	3.2	4,279	849	19.8	4,270	2,187	51.2
	4 9	5,858	150	2.6	5,359	855	16.0	5,403	2,371	43.9
	5 0	5,325	126	2.4	5,239	818	15.6	5,036	2,144	42.6
	5 1	6,220	131	2.1	6,170	891	14.4	6,146	2,604	42.4
D	4 6	1,148	27	2.3	1,113	93	8.4	1,162	614	52.8
	4 7	2,321	33	1.4	2,309	210	9.1	2,291	1,002	43.7
	4 8	2,312	30	1.3	2,300	261	11.3	2,313	1,068	46.2
	4 9	2,644	39	1.5	2,607	216	8.3	2,619	1,010	38.6
	5 0	2,583	22	0.9	2,531	173	6.8	2,560	967	37.8
	5 1	2,690	28	1.0	3,433	201	5.9	3,433	1,461	42.6
E	4 6	2,812	71	2.5	2,712	917	33.8	2,761	1,939	70.2
	4 7	3,880	64	1.6	3,876	1,087	28.0	3,862	2,569	66.5
	4 8	4,695	43	0.9	4,531	1,374	30.3	4,552	3,110	68.3
	4 9	4,572	51	1.1	4,431	1,046	23.6	4,420	2,452	55.5
	5 0	4,409	52	1.2	4,164	939	22.6	4,195	2,085	49.7
	5 1	5,728	35	0.6	4,861	926	19.0	4,861	2,227	45.8
合 計	4 6	14,129	449	3.2	13,969	1,544	11.1	14,053	6,054	43.1
	4 7	28,000	891	3.2	27,422	2,853	10.4	27,308	10,949	40.1
	4 8	38,392	1,469	3.8	37,273	4,549	12.2	37,341	15,900	42.6
	4 9	47,080	1,348	2.9	45,738	4,266	9.3	45,706	15,522	34.0
	5 0	47,613	1,328	2.8	46,554	4,090	8.8	46,230	14,108	30.5
	5 1	54,107	1,272	2.4	53,392	3,906	7.3	53,566	16,450	30.7

(備考) E:調査対象検体数 F:環境基準を超える検体数

S S			大腸菌群数			合 計		
E	F	F/E (%)	E	F	F/E (%)	E	F	F/E (%)
316	32	10.1	261	187	11.6	1,614	346	21.4
978	38	3.9	842	645	76.6	4,750	1,087	23.1
1,579	62	3.9	1,318	1,034	78.4	7,582	1,773	23.4
2,261	134	5.9	1,954	1,529	78.2	10,986	2,655	24.2
2,451	122	5.0	2,203	1,685	76.5	12,064	2,678	22.2
2,851	177	6.2	2,528	1,946	77.0	14,174	3,181	22.4
3,961	791	19.7	2,634	1,806	68.6	18,825	4,177	22.2
10,331	1,965	19.0	8,488	5,938	70.0	50,067	12,159	24.3
14,897	2,281	15.3	12,489	8,458	67.7	71,972	17,901	24.9
19,870	3,320	6.7	16,430	11,143	67.8	95,256	21,881	23.0
20,375	2,960	14.0	17,746	12,447	70.1	100,278	22,655	22.6
22,535	2,973	13.2	18,590	12,627	67.9	107,886	22,808	21.1
3,450	904	26.2	2,230	1,146	51.4	17,104	3,757	22.0
6,662	1,729	26.0	5,489	3,053	55.6	32,396	7,724	23.8
10,034	2,107	21.0	8,806	4,716	53.6	49,033	11,843	24.2
11,527	2,661	23.1	9,834	5,891	59.9	56,245	13,088	23.3
11,502	2,249	19.6	10,103	5,697	56.4	56,393	12,027	21.3
13,712	2,593	18.9	11,480	6,195	54.0	67,159	13,646	20.3
1,948	336	17.2				7,700	1,298	16.9
3,246	582	17.9				13,014	2,708	20.8
4,193	481	11.5				17,032	3,654	21.5
5,362	737	13.8				21,982	4,113	18.7
5,082	501	9.9				20,682	3,589	17.4
6,381	573	9.0				24,917	4,199	16.9
1,234	113	9.2				4,717	847	18.0
2,306	185	8.0				9,227	1,430	15.5
2,132	168	7.9				9,057	1,527	16.9
2,609	140	5.4				10,479	1,405	13.4
2,352	93	4.0				10,026	1,255	12.5
3,376	164	4.9				12,932	1,854	14.3
						8,285	2,927	35.3
						11,618	3,720	32.0
						13,778	4,527	32.9
						13,423	3,549	27.1
						12,768	3,076	24.1
						15,450	3,188	20.6
10,909	2,166	19.9	5,125	3,139	61.2	58,185	13,352	23.0
23,523	4,499	19.1	14,819	9,636	65.0	121,072	28,828	23.8
32,835	5,099	15.5	22,613	14,208	62.0	168,454	41,225	24.5
41,629	6,992	16.8	28,218	18,563	65.8	208,371	46,691	22.4
41,762	5,925	14.2	30,052	19,829	66.0	212,211	45,280	21.3
48,855	6,480	13.3	32,598	20,768	63.7	242,518	48,876	20.2

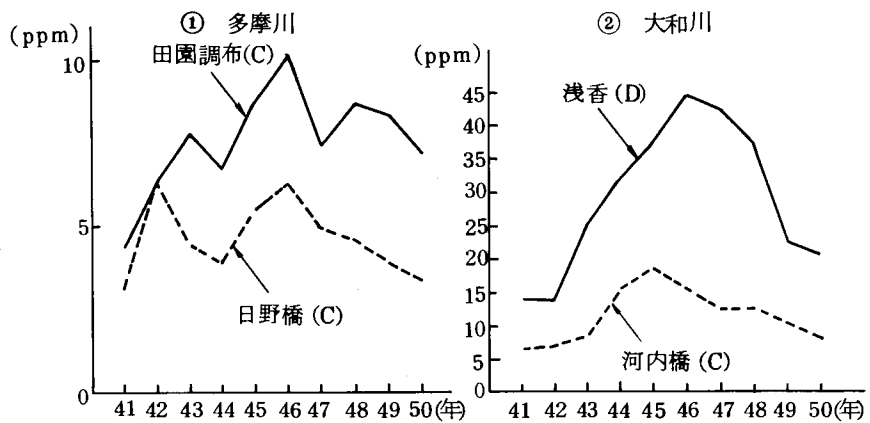
(2) 不適合率の推移〔生活環境項目～湖沼〕

項 目		P H			D O			C O		
類型	年度	E	F	F/E (%)	E	F	F/E (%)	E	F	F/E (%)
AA	46	36	0	0.0	36	0	0.0	36	5	13.9
	47	365	45	12.3	346	26	7.5	345	189	54.8
	48	578	99	17.1	604	65	10.8	597	331	55.4
	49	429	63	14.7	437	22	5.0	437	249	57.0
	50	472	71	15.0	492	17	3.5	492	305	62.0
	51	575	103	17.9	600	33	5.5	600	321	53.5
A	46	437	68	6.4	427	43	10.1	433	344	79.4
	47	1,285	311	24.2	1,279	207	16.2	1,281	1,112	86.8
	48	1,397	301	21.5	1,323	237	17.9	1,386	969	69.9
	49	1,579	209	13.2	1,604	293	18.3	1,526	957	62.7
	50	1,598	310	19.4	1,613	266	16.5	1,436	997	69.4
	51	2,381	416	17.5	2,427	516	21.3	1,940	1,210	62.4
B	46	97	32	33.0	97	9	9.3	97	89	91.8
	47	172	60	34.9	170	7	4.1	172	128	74.4
	48	163	62	39.7	163	11	6.7	163	100	61.3
	49	173	51	29.5	173	14	8.1	173	153	88.4
	50	341	140	41.1	341	19	5.6	331	270	81.6
	51	514	143	27.8	512	20	3.9	514	371	72.2
C	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	47	5	1	20.0	5	0	0	5	5	100
	48	11	9	81.8	10	0	0	11	9	81.8
	49	59	33	55.9	58	0	0	69	14	20.3
	50	80	35	43.8	56	0	0	54	22	40.7
	51	48	27	56.3	48	0	0	48	24	50.0
合 計	46	570	100	17.5	560	52	9.3	566	438	77.4
	47	1,827	417	22.8	1,800	240	13.3	1,803	1,434	79.5
	48	2,149	471	21.9	2,101	313	14.9	2,157	1,409	65.3
	49	2,240	356	15.9	2,272	329	14.5	2,205	1,373	62.3
	50	2,491	556	22.3	2,502	302	12.1	2,313	1,594	68.9
	51	3,518	689	19.6	3,587	569	15.9	3,102	1,926	62.1

(備考) E:調査対象検体数 F:環境基準を超える検体数

S S			大腸菌群数			合 計		
E	F	F/E(%)	E	F	F/E(%)	E	F	F/E(%)
36	21	58.3	36	4	11.1	180	30	16.7
335	240	71.6	260	97	37.3	1,651	597	36.2
579	331	57.2	542	178	32.8	2,900	1,004	34.6
465	221	47.5	398	169	54.3	2,166	724	33.4
487	267	54.8	410	105	25.6	2,353	765	32.5
600	171	28.5	401	110	27.4	2,776	738	26.6
424	255	60.1	331	218	65.9	2,052	928	45.2
1,175	863	73.5	1,090	389	35.1	6,110	2,882	47.2
1,245	777	62.4	1,219	321	26.3	6,570	2,605	39.6
1,500	743	49.5	1,409	438	31.1	7,618	2,640	34.7
1,619	1,029	63.6	1,444	411	28.5	7,710	3,013	39.1
2,127	1,193	56.1	1,897	490	25.8	10,772	3,825	35.5
89	59	66.3				380	189	49.7
172	153	89.0				686	348	50.7
158	104	65.8				647	277	43.3
173	115	66.5				692	333	48.1
341	197	57.6				1,354	626	46.2
501	258	51.5				2,041	792	38.8
						—	—	—
						15	6	40.0
						32	18	56.3
						186	47	25.3
						190	57	30.3
						144	51	35.4
549	335	61.0	367	222	61.0	2,612	1,147	43.9
1,682	1,256	74.7	1,350	486	36.0	8,462	3,833	45.3
1,982	1,212	61.2	1,761	499	28.3	10,149	3,904	38.5
2,138	1,079	50.5	1,807	607	33.6	10,662	3,744	35.1
2,447	1,493	61.0	1,854	516	27.8	11,607	4,461	38.4
3,228	1,622	50.2	2,298	600	26.1	15,733	5,406	34.4

図 I - 2 - 1 多摩川、大和川におけるBODの経年変化



- (備考) 1. 建設省「日本河川水質年表」(41~48年)及び「一級河川の水質現況」による。
 2. ()内は水質環境基準の類型である。

表 I - 2 - 3 琵琶湖及び霞ヶ浦における水質の経年変化

年 度	琵琶湖				霞ヶ浦	
	北湖(平均)		南湖(平均)		湖心	
	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N
44	—	—	—	0.31		
45	—	0.14	—	0.35		
46	0.012	0.18	0.027	0.36		
47	0.010	0.18	0.031	0.40	0.06	1.3
48	0.010	0.15	0.027	0.33	0.05	1.3
49	0.010	0.16	0.023	0.38	0.04	0.9
50	0.008	0.19	0.027	0.38	0.03	1.0
51	0.011	0.16	0.025	0.34	0.05	0.8

- 備考 1. 単位は ppm
 2. 琵琶湖については建設省の調査による(数値はケルダール法による窒素である)。
 3. 霞ヶ浦については、建設省の調査による。

I-2-2 水質汚濁による水道の被害状況

(1) 被害の経年的変化

厚生省が行った「水質汚濁による水道の被害状況調査」（昭和39年度～48年）、
「水質汚染事故による被害状況調査」（昭和49年～51年）によると、被害を受けた
水道数の経年変化は、表I-2-4のようになっている。すなわち、被害は昭和39年
以来毎年増え続け、昭和46年にはピークを示している。その後、環境行政の強化の効
果もあって、やや減少の傾向を示している。昭和49年以降は、水質汚染事故により実
際に被害をうけたものに限定して集計しているが、被害を受けた水道数は、毎年約80
ヶ所で横ばいの状態にあり、環境白書等という改善の傾向とは必ずしも一致しない。

また汚濁源別にみると表I-2-5のようであり、鉱工業排水、汚水汚物、廃油など
が多いが、最近は汚水汚物の比率が増大している。また水道施設にとっては土木工事、
採砂など濁質増加に対する被害意識が強いのが特徴的である。

表I-2-4 水道水源の水質汚濁、汚染により被害を
受けた水道数の経年変化 (ヶ所)

年度又は年	上水道	簡易水道	専用水道	計
昭和39年度	51	14	4	69
40 "	55	20	6	81
41 "	69	24	4	97
42 "	135	43	8	186
43 "	156	28	7	191
44 "	217	35	7	259
45 "	229	38	10	277
46 "	232	41	8	281
47 "	—	—	—	—
48 年	194	43	12	249
49 "	60	17	4	81
50 "	66	16	3	85
51 "	53	21	6	80

注) 48年度までは、水質汚濁による水道被害として、水質汚染事故のほか、一般的な汚濁も含んでいる。49年度以降は、水質汚染事故に限
定して調査したものである。

表I-2-5 水質汚染事故の原因

汚染原因 種別	工場 排水	鉱山 排水	家庭下 水し尿 処理水	家畜 し尿	農業農 業排水	排油 処理水	廃棄物	その他	合計
被害箇 所数	8	1	16	15	10	24	13	7	94

昭和49年 厚生省調査

水道協会雑誌 昭51.11(506号) 浜田康敬より

(2) 昭和51年の水質汚染事 故による被害

厚生省が行った「水質汚
染事故による被害状況調査
(昭和51年)」の結果は、
表I-2-6のようになっ
ている。

これを水源の種別で見
ると、表流水々源における被
害のあった水道が最も多く、
被害を受けた水道の78%
(62ヶ所)を占めており、
次いで伏流水々源における
被害が15%(12ヶ所)
である。各種排水の影響を
直接的に受ける表流水が被

害を受ける危険を多くはらんでいることは当然としても、伏流水にも河川水質の影響を受けるものが多い。

昭和50年度版水道統計によると、上水道、簡易水道の水源の種別は、表Ⅰ－2－7のように、上水道では表流水々量の比が簡水のそれに比して圧倒的に多く、被害実況にもそれがあらわれて、上水道における被害水道数は53ヶ所で、被害を受けた水道(80ヶ所)の66%を占めている。

地方別に見ると、関東、近畿、九州の表流水で被害が多く、この三地方で全国の約70%を占め、地域特性が顕著にあらわれている。前述の環境庁調査によると、大都市又はその近郊の大河川は、流域人口の増加にもかかわらず改善の方向にあるとしているが、被害状況からみて多少の改善は見られるものの、なお汚濁レベルは高いといえる。

また、水源におけるこれらの水質事故により、取水制限又は停止あるいは給水制限又は停止の措置をとった水道は、被害を受けた水道の約60%にも及んでおり、その汚濁の態様は水道にとってなお深刻であるといえる。

表Ⅰ－2－6 水質汚染事故による被害状況

(51年度)

水 道	上 水 道				簡 易 水 道				専 用 水 道				合 計			
	表流水	伏流水	地下水	他	表流水	伏流水	地下水	他	表流水	伏流水	地下水	他	表流水	伏流水	地下水	他
北海道	1				2				1				4			
東北	2		1		1	2			1				3	2	1	
関東	16	2			1	2			1				18	4		
北陸								1								1
北海道	1				1		1				1		2		2	
近畿	12	3	1		2				1		1		15	3	2	
中国	1	1			1								2	1		
四国	3	2			1	1							5	2		
九州	7				4				1				12			
沖縄					1								1			
小計	43	8	2		14	5	1	1	4		2		62	12	5	1
合 計	53				21				6				80			
取水制限・停止、 給水停止等を行った 事業体数	31 (58%)				13 (62%)				3 (50%)				47 (59%)			

表 I - 2 - 7 水源の種別とその割合

(%)

	表流水	伏流水	地下水	その他	備 考
上 水 道	65.5	9.4	22.5	2.6	取水量比
簡易水道	27.4	8.8	33.6	30.2	事業数比

昭和50年度版「水道統計」による

第 3 節 水道における水質問題とその対応の概観

さきに考察したように、わが国の水道の水質問題は、創設期から比較的最近まで細菌学的な汚染に関心があったが、高度経済成長期に入ってから、諸産業の振興と人口の都市集中に伴う各種排水による水質汚濁の進行に加えて、環境問題への住民、科学者の関心の高まり、新規の化学物質の開発、分析技術の進歩、情報量の増加によって、多種多様な水質問題が顕在化してきた。総じてみれば、細菌学的汚染に始まり、BODで標示される有機物による汚濁、重金属、新規化学的物質による汚染が順次付加されてきたような印象をうける。

現在の水道における水質問題は、現象的にみて外部環境に起因する外的要因と水道施設あるいはその運営に起因する内部要因にわけることができる。これを取りまとめたものが表 I - 3 - 1 である。外的要因に区分できるものは次のようである。

- (1) 大都市周辺の高汚濁と汚濁の地方拡散
- (2) 水資源の不足に伴う水源の質的選定の自由度の抑制
- (3) シアン等の突発的混入に伴う水質事故の増加
- (4) 湖沼、人工貯水池の富栄養化の進行と異臭味の発生
- (5) 既存及び新規の化学物質の有害性に対する不安
- (6) 未確認有機物質の有害性に対する不安
- (7) アンモニア性窒素等の増加
- (8) ダム築造に伴う濁水の長期化
- (9) 酸性河川、高汚濁河川の水道への活用
- (10) 分析技術の進歩

また、内的要因としては次のようである。

- (11) 浄水操作の高度化
- (12) 浄水場排水・汚泥の処理・処分
- (14) 水質基準の見直し、水質クライテリアの作成、及びこれらの運用指針の策定
- (15) 水道用薬品、資材等に起因する不純物質の溶出等に対する危惧
- (16) 赤水等の発生
- (17) 受水槽以下の建築設備における水質問題
- (18) 道路下及び建物内の各種用途の配管相互間のクロスコネクションの危惧
- (19) 給配水管の老朽化等による汚染物質吸引の危惧
- (20) 水質管理体制の強化

以上に列記したように、水道における水質問題は多岐多様にわたるが、課題の多くは水道をめぐる技術的環境－遠因として社会経済的、自然的環境の変化や多様化に起因するものである。

例えば地方都市を含み人口の都市集中や諸産業の振興は、水資源の不足や水質汚濁の進行を招く。水資源の不足は水源の質的な選択の自由度を抑制し、酸性河川や高汚濁水の活用、雑用水道、浄水操作の高度化の問題を提起する。ダムの築造は富栄養化に伴う異臭味問題や濁水の長期化をもたらしめている。水質汚濁の進行は突発的な濃厚汚染、慢性的な富栄養化や各種の有機・無機の汚濁物質に伴うトラブルを増大させ、直接的な影響を与える。環境、産業の分野での分析技術の進歩は水質分析にも影響を与える。これらを受けて水道水の水質基準の項目、検査法など基準の見直しが必要とされる。環境保全のための排水や廃棄物に対する規制は浄水場から排出される排水や汚泥の処理、処分の適正化を要請し、又処分地の不足は汚泥処理の高度化を必要とする等、外部環境の変化が直接、間接に水質関連技術の新しい対応を要請し、その動向を支配しているような印象をうける。

しかし本来は逆の発想であるべきものであり、住民生活に不可欠であり、水の衛生性は何よりも先ず優先的に確保されるべきものである。そのためには水道サイドとして受けるべきものは受け入れ、改善されるべきものはこれを主張する必要がある。例えば分析技術等、関連技術の進歩は積極的に導入をはかって浄水処理あるいは水道システム全体の合理化を進めるべきことは当然である。反面水質汚濁の進行や防止にかかる他の施策については、未然にこれが防止され、あるいは改善されるよう主張すべきである。上述のように水

道の水質問題は、その遠因が中央及び地方の社会経済的施策にかかる問題であり、又その対応策についても中央及び地方の行政庁の果すべき役割が大きい。われわれ水道行政に掌るものは毅然たる姿勢を保持しつつ、行政技術を駆使してこれらの諸問題の解決に当る必要があり、そのための基礎的な調査研究の蓄積が必要である。

これらの諸問題のうち、主要なものについては第Ⅱ章以降において技術的な対応を中心に論じたい。

第4節 第Ⅰ章のまとめ

第Ⅰ章においては、わが国における水道の水質に関する諸問題について、若干歴史的な考察を行ない、現状の問題点と対応策について考察を加えて概説した。

第1節では、わが国の近代水道の創設期における水道問題は消化器伝染病の抑制にあり、又水道の普及とともに激減したことを創設期から現在に至る間の水系消化器系伝染病患者数の消長と水道普及率との関係について考察した。消化器系伝染病の発生は、医療医薬、生活内容、あるいは尿、下水の処理状況の改善により減少するであろうが、水道普及率の上昇に伴い減少し、とくに水道普及率が50%を超えた昭和35年以降の減少が顕著であることが考察された。

水と伝染病との関係は、わが国における上記のような経験に限らず、筆者も参加した国連水会議（1977、アルゼンティン国）でもWHOの報告において、「水系伝染病は開発途上国のあらゆる疾病の中で第一にランクされる」とし、「全世界の2/3が安全な水の供給をうけておらず、少なくとも1/4が健康に危険な状態にあり、毎日2万5千人が水系の疾病で死亡している」と指摘しているように、多くの開発途上国がわが国の水道創設期と同様な事情にあることを報告している。

このように水道初期の水質問題は、生活污水や汚物に起因する細菌学的汚染問題であり、その後近代的諸産業の発展とともに、重金属、新化学物質等が問題とされるに至るが、第Ⅲ章第1節において述べるように水質基準指標の変遷がその間の事情を物語っているといえよう。

第2節では、後述するように水道の水質問題の多くはその原水の汚濁に起因していることから、環境行政の情報に基づき全国的な水質汚濁状況とその特徴について考察した。す

表Ⅰ－３－１ 水道の水質問題と対応策のまとめ

問 題 点	対 応 策 の 現 状	改 善 策	水道における対応策のまとめ
(外的要因) (1)大都市周辺の高汚濁度と汚濁の地方拡散	◎浄水操作の高度化	○排水規制、下水道整備等の水質汚濁防止対策の強化	1.水質汚濁防止行政への働きかけ (1)下水道整備等の水質汚濁防止対策の推進
(2)水資源の不足に伴う水源の質的選別の自由度の抑制	◎バイオフィッセル等による監視、取水停止又は制限措置	○原因者に対する法的規制の強化	(2)水質汚染事故の発生原因者への規制の強化
(3)シアン等の突発的混入に伴う水質事故の増加	◎連絡通報体制の整備	◎自動水質測定機器の開発、整備	(3)貯水池の富栄養化防止対策の推進
(4)湖沼、人工貯水池の富栄養化の進行と異臭味の発生	◎活性炭処理、オゾン処理、生物処理等の特殊処理	○富栄養化対策の推進	(4)アンモニウム性窒素等の未規制物質の規制
(5)既存及び新規の化学物質の有害性に対する不安	○リン、窒素の規制の検討中 ○新規有害化学物質の法規制（未然防止） ◎検査法、毒性、除去法の調査研究	○新規有害化学物質の法規制の強化とそれに伴う調査研究の拡充 ◎検査法、毒性、除去法の調査研究の拡充とガイドラインの作成 ◎水質基準の見直し ◎総合指標（例えばCCE）の開発・発確立	2.水道の水質管理体制の強化（水道事業者等） (1)自己水質検査体制の整備（単独又は共同の分析機関の整備） (2)水質管理の広域化 (3)水質汚染事故時における連絡通報体制の確立
(6)未確認有機物質の有害性に対する不安		◎水質クライトリア、除去等のガイドラインの作成	3.水質管理に関する指導の強化（行政）

<p>(7)アノモニア性窒素等の増加</p>	<p>◎前塩素処理の強化等</p>	<p>○アノモニア性窒素等の未規制物質の規制</p>	<p>(1)水質基準の見直し、そのための調査研究の推進</p>
<p>(8)ダム築造に伴う濁水の長期化</p>	<p>○濁水の発生機構の調査研究、一部取水又は放流方法の改良</p> <p>◎浄水施設の改造又は水源の変更</p>	<p>◎過剰塩素注入に関する検討</p> <p>○濁水の発生機構の究明とダムの構造及び管理方法の改善</p> <p>○ダムの構造に際しての事前の影響評価と所要の水道補償工事</p>	<p>(2)水源選択及び原水水質に対応した水質管理法に関する指針の作成</p> <p>(3)水質汚染事故対策指針の作成等</p>
<p>(9)酸性河川、高汚濁河川の水道への活用</p>	<p>○温泉源又は河川での中和操作</p> <p>◎水道サイドでの中和操作</p>	<p>◎水源選定要件の基準化</p> <p>◎水源別、水質管理指針の策定</p> <p>◎高度処理及び管理に関する調査研究の促進</p>	<p>4.各種浄水技術、とくに高度処理及び高度管理に関する調査研究の推進</p>
<p>10分析技術の進歩 (内的要因)</p>	<p>◎水質基準の検査法の見直し</p>		<p>5.水道用薬品及び資材の規格の衛生面からの見直し</p>
<p>11浄水操作の高度化</p>	<p>◎各種高度浄水法の調査研究及び一部実施</p>	<p>◎調査研究の強化、構造及び管理法の基準化</p>	<p>6.水質の指標、検査法、毒性及び除去法に関する調査研究の推進と、及び運用指針の策定</p>
<p>12浄水場排水・汚泥の処理・処分</p>	<p>○水質汚濁防止法による規制（既設 526，新設 51.6 適用）</p> <p>◎設計指針の作成</p> <p>◎施設整備に助成</p>	<p>◎処理技術の効率化</p> <p>◎水道全体、とくに浄水施設及び処分との関連における合理化</p>	<p>7.雑用水道の技術的、制度的検討</p>
<p>13雑用水道の実用化</p>	<p>◎雑用水道に関する水質及び施設の基準化の検討</p>	<p>◎雑用水道の導入に関するソフト面の検討</p> <p>◎法規制の検討</p>	<p>8.関連技術者の養成、再訓練</p> <p>9.関連情報の交換</p>

問 題 点	対 応 策 の 現 状	改 善 策	水道における対応策のまとめ
(14)水質基準の見直し、水質クライテリアの作成及び運用指針の策定	◎水質基準の見直し	◎水質指標、検査法、有害性等の知見の拡大、そのための調査研究の拡充、及び運用法の明確化	
(15)水道用薬品、資材等に起因する不純物質の溶出等による危険	◎溶出物質等の毒性、挙動に関する研究	◎水道用薬品及び資材の規格の衛生面からの見直し	
(16)赤水等の発生	◎資材の各種の防錆法 ◎遊離炭酸の除去の指導 ◎老朽管の布設替	◎原水又は供給水の水質に対応した用品選定指針の策定 ◎同左のほか、pHコントロールの実施	
(17)受水槽以下の建築設備における水質問題の増加	○「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」による規制 ◎「水道法」による簡易専用水道の規制（52.6水道法改正、53.6施行）	◎法施行の徹底及び規制対象の拡大 ◎老朽設備の改修	
(18)地下及び建築物内の各種用途配管相互間のクロスコネクションの危険性の増大	◎道路埋設管のテープによる識別	◎配管図の整備 ◎水道工事業者の質の向上（技術者の資格試験の統一） ◎施設管理の強化	
(19)給配水管の老朽化等による汚染物質吸引の危険	◎老朽管の布設替え		
(20)水質管理体制の強化	◎中小規模の検査体制不備 ◎共同の分析機関の機器整備に助成	◎広域化の一環として水質管理センター（地域内の共同機関）の整備促進 ◎技術者の養成、再訓練	

なわち、最近における河川等の水質汚濁は、規制の強化、下水道整備等の諸対策の進行を反映して総体的には改善の傾向にあり、例えば健康項目については、環境基準に照しての不適合率は、４６年の０．６％以降減少を続け、５１年には０．０９％で著しく改善され、又生活環境項目についても、河川については４３．１％が３０．７％に、湖沼については７７．４％が６２．１％にそれぞれ改善されたとしながらも、なお大都市又はその近郊の河川については汚濁のていども高く、一部には進行しているものもあり、湖沼については全般に富栄養化の進行がみられる等の問題があることを指摘している。

これに対し、われわれ水道サイドの調査による、原水の水質汚濁による被害状況の経年的変化及び原因別について考察した結果、被害件数については、３９年の６９件は４６年には２８１件のピークまで急増し、その後やや改善がみられるが、最近はやや横ばい状態であり、環境庁調査による全国的な改善の傾向とは必ずしも一致しない。また大都市近郊の大河川は改善の方向にあるとしているのに対し、水道被害は関東、近畿、九州の三地区で全国の約７０％を占めていることから、なおこれら地方の汚濁レベルは高いことが考察された。なお全国的にみて水道被害件数の約６０％が取水又は給水の制限や停止を行っていることは、水質汚濁の態様は水道にとってはなお深刻なものである点を指摘した。

第３節では、現時点での水道における水質問題を網羅的に概観した。すなわち水道における水質に関する課題を列記して、対応策の現状及び今後の改善策について主要事項を表記してとりまとめた。その課題は次のようである。

（主として外部環境に起因するもの）

- (1) 大都市周辺の高汚濁と汚濁の地方分散
- (2) 水資源の不足に伴う水源の質的選択における自由度の抑制
- (3) シアン等の突発的混入に伴う水質事故の増加
- (4) 湖沼、人工貯水池の富栄養化の進行と異臭味の発生
- (5) 既存及び新規の化学物質の有害性に対する不安
- (6) 未確認有機物質の有害性に対する不安
- (7) アンモニア性窒素等の増加
- (8) ダム築造に伴う濁水の長期化
- (9) 酸性河川、高汚濁河川の水道への活用

⑩ 分析技術の進歩

(主として水道施設やその運営にかかるもの)

⑪ 浄水操作の高度化

⑫ 浄水場排水・汚泥の処理・処分

⑬ 雑用水道

⑭ 水質基準の見直し、水質クライテリアの作成等

⑮ 水道用薬品、資材等に起因する不純物質の溶出等に対する危機

⑯ 赤水等の発生

⑰ 受水槽以下の建築設備における水質問題の増加

⑱ 地下及び建築物内の各種用途配管相互間のクロスコネクションの危険性の増大

⑲ 給配水管の老朽化等による汚染物質吸引の危機

⑳ 水質管理体制の強化

以上に列記したように、水道における水質問題は多岐多様であるが、課題の多くは外部環境 - 社会経済的、自然的及び技術的環境の変化や多様化が直接、間接に起因して、水道技術に新しい対応を要請していることを指摘し、水道サイドとしては受けるべきはこれを受けとめ、外部環境に対しその改善を要するものについてはこれを主張する姿勢をもって対処すべきことを強調した。その具体的な対応は行政にかかるものが少なく、行政技術の拡充が必要であり、そのための基礎的な調査研究の蓄積が要件であることを指摘した。

これら諸問題のうち主要なものについては第Ⅱ章以降で考察することとした。

第II章 最近における主要な水質管理上の課題と 工学的対応に関する考察

第I章において水道水源の水質汚濁の概況と、それに伴う水道施設とその管理をめぐる諸問題を網羅的に列挙し、課題ごとに主として行政技術上の対応について概観した。

この章では最近とくに水道において新しい対応が必要とされる課題について、行政的及び工学的対応の現状と問題点、今後の方向についてとりまとめ、考察し、若干の提言を行った。

すなわち、一つは最近における水道水源のダム依存度の増大と水質の汚濁に伴って、湖沼、人工貯水池の富栄養化の進行は水道施設とその管理上様々な影響をもたらしており、その実態をとりまとめるとともに、その主要な対策としての活性炭処理についてわが国の実態、その機能について従来の研究成果をとりまとめ、及び活性炭処理の今後の課題や方向性について考察した。

さらに最近の課題の一つとして、水質汚濁防止法の規制に新たに追加された浄水場排水の処理とそれに伴う汚泥の処理、処分について現在までの研究成果をとりまとめ、今後の方向について考察した。

また特殊な水質問題として、とくに人工貯水池における濁水の長期化現象、強酸性河川の水道水源への活用、及び雑用水道について、行政的、工学的対応の現状をとりまとめ、若干の考察を加えた。

第1節 湖沼等の富栄養化と水道被害

水道水源の汚濁の形態の一つに富栄養化がある。すなわち陸水学的に定義される自然的遷移過程の富栄養化のほかに、人為的影響をつよく受けた自然水域の栄養塩の増加とそれともなう生物生産の増大が水道水源としての価値を低下させている。水域は生物をも内在するところの比較的応答の遅い有機体であり、与えられた環境条件に反応して徐々に変化していくが、その反応の機構については未知の点が多い。ゆえに一旦富栄養化した場合には効果的に貧栄養の状態に戻すことは容易ではない。

富栄養化によってもたらされる水道に関する被害には、汙過閉塞、臭味、着色、鉄マンガンの障害、凝集障害などがある。

II-1-1 水道被害の概要

(1) 汙過池の閉塞

湖沼や貯水池を水源とする上水道はそこで増殖するプランクトンによって汙過池の閉塞の被害を受ける。プランクトンは緩速汙過池の汙過膜の形成に何んらかの形で関与するにしても、ある量以上になれば汙過時間を極端に短縮させる。また急速汙過池にとってはプランクトンは単に夾雑物にすぎない。富栄養化すれば生物生産は増大するから、汙過の立場からみれば、富栄養化とは水域における自生的な夾雑物の発生をもたらしものということになる。

プランクトンのために汙過池が塞閉して汙過持続時間が短縮し、必要水量を得るのが困難になったという例は枚挙にいとまがない。たとえば、テムズ河の水を一旦貯水してから導水しているロンドン市は古くから緩速汙過池における生物による汙過持続時間の短縮に悩まされている。ミシガン湖水を原水とする都市では毎年5～6月および11～12月に閉塞障害が起き易い状態になり、シカゴ市では80池の急速汙過池をもつ南部浄水場では1日の洗浄回数の合計が300回に及ぶことを経験している。

わが国でも貯水池につながる各地の浄水場でこの種の障害が広く知られている。たとえば東京都、長崎市、門司市、福岡市、加茂市、銚子市、相模ダムの水を取水する横浜市と川崎市およびその下流で取水する神奈川県営水道などでプランクトンによる汙過障害を経験している。最近の富栄養化に伴う汙過障害の例を挙げると、霞ヶ浦から取水する茨城県企業局霞ヶ浦水道の取水点では昭和43・44年ごろのBODは4.2 ppm位であったものが昭和48年には9.4 ppmに達し、その年の3～5月に*Synedra acus*が大発生し、急速汙過池の汙過持続時間が通常の $\frac{1}{2}$ 以下に減少し、前年の同月比から計算して損失水量77,602 m³、金額に換算して167万円の損害をこうむった。琵琶湖南湖は湖岸域の人間活動の増大とともに近年富栄養化が進行しているところとして知られている。この琵琶湖南湖から取水している京都市では毎年のようにプランクトン藻類の影響を受けるが、1964年には年間のうち4ヶ月ほど汙過作業に支障を来し、急速汙過および緩速汙過とも持続時間が大幅に減少した。1969年と1970年には*Synedra*

が大増殖し 1970 年 4 月にはその数が 1,100,000 個/*ml* にも達し、その時は下流の大阪市の柴島浄水場においても急速汚過池の汚過時間が半減した。

相模湖から取水している川崎市水道局では湖の富栄養化が進んでいなかった昭和 30 年頃より散発的な汚過障害の発生を経験していたが、富栄養化の進行とともにその様相が変化してきた。すなわち、汚過を障害するプランクトンとして、*Asterionella* や *Fragilaria* が影をひそめ、最近では *Synedra acus* による障害が顕著となってきた。またその障害の発生時期が春～夏に限られていたものが、最近では冬季にも起るようになった。この場合の汚過障害に対応する凝集用薬品費は昭和 48 年に 249 万円、昭和 50 年に 409 万円と見積られている。

(2) 異臭味の発生

近年の水源の富栄養化にともない全国的に発生事例が増加し、かつ水消費者に対して飲料水としての価値の劣下を認識させるものとして、生物由来の異臭味の発生がある。とくにカビ臭の発生が富栄養化の過程の途中で起こっている。水道水源の観点から、少くともカビ臭を発生しない程度に水質を維持すれば、富栄養化に起因する多くの障害から免れることができる。

藻類による異臭味は欧米において古くから研究されているが、対策としては結局は藻類発生のコントロールに帰せられる。一方、カビ臭については Adams (1929) によつ水のかび臭は水中の放線菌に由来するものであると指摘されてから、カビ臭と原因生物との関連性について多くの研究がなされるようになった。日本水道協会の上水の脱臭方法では、カビ臭の原因として次の四つをあげている。(1)放線菌、その他の土壤中の細菌、真菌によるカビ臭、土臭、(2)植物体の分解によるカビ臭、(3)プランクトン藻類によるカビ臭、(4)貯水池の停滞によって起こる底泥の腐敗、分解によるカビ臭。

しかし臭気原因物質に関する研究は 1960 年前後からのガスクロマトグラフィーなどの分析機器の進歩によってようやく進展した。すなわち Gerber らが *Streptomyces griseus* から分離濃縮したものを geosmin と命名したのにつづき、同一物質を Saffer mann らは藍藻類 *Symbloca musorum* から、Medsker らは *Oscillatoria tenuis* から分離した。さらに Marshall らは geosmin が Trans-1-1,10-Dimethyl-Trans-9-Decal であることを明らかにした。また Rosen らは *Act-*

nomycetes がカビ臭物質 2-Methylisoborneol を生成することを見出した。

その後各種の放線菌、藍藻類や真菌よりこれらのカビ臭原因物質が生成されることが明らかになった。

わが国でのカビ臭発生については 1951 年神戸市の千叵貯水池での事例報告が最初である。その後小野田市、長崎市など主として西日本に異臭味問題が起こり、1960 年代後半には全国的な規模でカビ臭の発生がみられるようになった。

わが国でカビ臭原因生物として放線菌や藍藻類が注目を浴びるようになったのは 1963 年頃からであり、それ以来カビ臭発生事例の増加と比例して、琵琶湖、千叵貯水池、印旛沼、江戸川、山口貯水池、大路池など多くのところからカビ臭を発する微生物が分離され、臭気物質が分離、確認された。

わが国のカビ臭発生の事例をみると、前述のプランクトン藻類の増殖による汜過障害の多発のあとにカビ臭発生の問題が生じること、その間に富栄養化指標生物である藍藻類が多く出現するようになるという経過を辿る。過マンガン酸カリウム消費量が 2.9 ppm 以下の貯水池ではカビ臭発生はほとんどみられないのに有機物濃度が高くなるにしたがって発生例が多くなり、過マンガン酸カリウム消費量 9 ppm ぐらいのところではまずカビ臭発生を覚悟しなくてはならない。しかしそれ以上に有機物濃度が高くなると水質が発臭生物の生育に適さなくなり発臭例が少くなる。透明度とカビ臭発生の関係見ても透明度 2 m 以下のところでは発生例が多くなる。このように富栄養化が進行して生物生産が増大し、かつ直接的有機汚染も加わって水域の有機物含量が増大するような条件下にカビ臭の発生の機会は多くなる。しかしあるレベル以上に汚濁が進むとカビ臭はかえって発生しなくなるが、そのような水域はもはや水道水源としては好ましいものではない。

(3) マンガンの溶出等

湖沼、貯水池が富栄養化して底層部に嫌気的狀態が生じるようになると、底泥中のマンガンを溶出し、水位低下時や降雨時などに流出する。マンガニオンは塩素によって酸化されて赤い水になったり、管壁に沈着したものが流速の変化によってく離して黒い水となって水道水の水質悪化の原因となる。相模湖の水を利用する川崎市では湖の浅化と富栄養化による深層の酸素欠乏が顕著となった 1967 年ころよりマンガニオンに

対する特別の考慮が必要になってきた。溶解性マンガンの対策費用として薬品代に 1971 年には 451 万円、1974 年には 36 万円が平常時より余分に使われた。北九州市では 1966 年に力丸貯水池から取水している穴生浄水場給水域において黒い水の障害が発生した。これは池底からのマンガンの溶出に起因するが、毎年夏季から秋季にかけて底層では溶解性マンガンが 3 ppm 以上存在しており、そのため種々の対策がとられている。

マンガンと同様、湖沼、貯水池の底部が嫌気状態になるとアンモニア性窒素が著しく増加し、水槽が悪化するとともに塩素使用量が増大する。

わが国のように流程の短い河川では河川特有のプランクトンの生育はみられず、河川の汚濁とともに生ずる生物起因の問題は主として底棲、着生生物によるものである。そのうちの特異的なものに *Sphaerotilus* などの糸状性細菌による被害がある。*Sphaerotilus* は有機汚染を受けかつ酸素が存在するような河床にマット状に着生するが、これが何んらかの要因によっては離して下流の停滞水域に菌体が沈澱すれば死滅、分離して酸素を消費し二次汚染の原因となり、または離したコロニーによって汙過閉塞が引き起こされる場合もある。1963 年頃に江戸川から取水していた東京都水道局金町浄水場における緩速汙過池の汙過時間の短縮が *Sphaerotilus* の綿状コロニーの流入のためであると判断された。

II-1-2 行政技術上の対応

以上に述べたように、水源の富栄養化はそれともなう生物の活動を通した水質変化によって、汙過障害、異臭味の発生、着色、凝集沈澱反応の阻害、浄水費用の増加など水道水源としての価値を著しく低下させている。

富栄養化対策の基本は第一義的には環境行政として排水規制、とくに窒素、リン等の生物生産にかかる汚濁物質の規制が要件である。しかしながら現時点では未だ規制対象とはされていない。その主たる理由は、これら栄養塩類の発生が生活排水に基因する部分がかなり大きく下水道が未整備な現状においては、規制の効果が期し難いこと、いいかえれば規制等の行政的な実行（効用を含む）可能性の見透しが定かでないことのほか、規制対象となる各種排水に関し処理技術と費用効果の検討が不十分である点にあるように思われる。このような水環境改善のための富栄養化対策については多くの調査、研究があるが、本論

文の主旨でないので他に委ねたい。

水道として最大の問題は異臭味の発生による水質への影響であり、水源のダム依存度の増加に伴って全国的な問題として拡大の傾向にある。その工学的な対応の主体をなす活性炭処理については節を改めたい。

第2節 活性炭処理の現状と今後の方向

水道の浄水過程で異臭味及び塩素除去のため炭（chacoal）が用いられた歴史は古く、1910年には英国Reading Corporation Waterworksで脱塩素のためのフィルターが最初に設置され、米国ではシカゴで1928年にはじめて炭素（Carbon）が使用され、又、ほぼ同時期にドイツのHammでルール川でのフェノールに起因する異臭味除去のため用いられた。

わが国においては、原水が清浄であったため昭和20年代までは活性炭の使用例の報告はなく、わずかに水中の遊離塩素除去の実験が行われたにすぎないが、脱塩素法はわが国では普及せず、従って、活性炭処理が広く用いられるようになったのは昭和30年代後半以降、全国的に必要となった異臭味対策としてであった。

異臭味の問題は、まず、貯水池の築造、又はかさ上げにより生じ、昭和33年（1958）長崎市、松江市、34年（1959）宇部市、37年（1962）大牟田市、有田町、39年（1964）佐賀市などで水道水に異臭味を生じ、いずれも粉末活性炭を5～20 ppm使用し、ほぼ脱臭の目的を達した。これらの事例はいずれも一時的なものであったが、異臭味問題は次第に定常的となり、かつ湖沼から河川へと全国的な問題となった。

東京都水道の水源の一つであった多摩川下流は、昭和35年頃を境として急激に水質汚濁が進行し、とくに渇水期には深刻な汚濁障害を引き起していた。多摩川を水源とする玉川浄水場では昭和36年に泡立ち障害の対策として粉末活性炭の注入を開始した。粉末活性炭の注入率は、通常ABS濃度（mg/l）の20倍に設定され、薬品処理池で約40分間混和の後、凝集沈澱処理および砂戸過が行われた。

このように、水道の浄水処理工程に活性炭を用いるのは、通常の浄水処理では除去できない異臭味、合成洗剤、フェノール類、その他有機物等の除去のためであったが、最近ではオゾン処理後の残留オゾン除去のためにも推奨されており、また、適正な残留塩素のコ

ントロールのために脱塩素を行う必要性が生じている等、活性炭処理への期待が高まっている。さらに最近、化学汚染物質への対応策として、水道水の安全性を高めるため活性炭処理が重要視されるようになった。

さらに、粒状活性炭の普及につれて、下水処理水の再生のための１プロセスとして活性炭処理が組み込まれるようになり、用水排水処理での使用ひん度は増大している。

Ⅱ－２－１ わが国の水道における活性炭処理の実態

わが国上水道における活性炭処理の現状を表Ⅱ－２－１に示す。その概要をとりまとめると次のようである。

- 1) 活性炭処理を行っている浄水場は４９浄水場であり、このうち粉末活性炭注入によるもの３４浄水場、粒状活性炭戸過（砂戸過層の上層に設置したものを含む）によるものが１５浄水場である。後者の１５浄水場はいずれも粉末活性炭を常備し、状況に応じ併用している。
- 2) 稼動日数は、粉末活性炭注入では３０日未満が１９浄水場（５６％）、３０日以上１００日未満が１０浄水場（２９％）で季節的あるいは汚染事故時などに短期に使用しているものが多い。その他では１００日以上２００日未満３浄水場（呉市焼山、高松市川添、長崎市浦上の各浄水場）、２００日以上は草津市ロクハ浄水場（琵琶湖）、常時は千葉県柏井浄水場（印旛沼）である。また活性炭戸過によるもの１５浄水場のうち、常用しているものは京都の蹴上、松ヶ崎、山の内、新山科、九条山の各浄水場（琵琶湖疏水）、宮城県岩沼市玉崎浄水場（阿武隈川最下流部）、和泉市和田浄水場（槇尾川、光明池）、小野田市高天原浄水場（厚東川ダム）である。
- 3) 水源の種類別にみると、湖沼、人工貯水池及びその影響をうける河川等が３１、それ以外の河川１８であり、湖沼等の富栄養化に伴う異臭味対策として活性炭処理を行っているものが６３％を占める。他は大都市周辺の有機物、ＡＢＳによる汚濁度の高い中小河川（猪名川、山中町など）、工場排水による化学物質、フェノール類など塩素消毒に伴う発臭対策（利根川・江戸川；東京都、埼玉県等）である。

平均使用日数は、湖沼等が１２６．５日（約４カ月）で、河川の６３日（約２カ月）に比べて長い。

- 4) 処理コストは、粉末活性炭注入方式や粒状活性炭の砂層設置が大部分である

ため、施設費は少なく、殆んどが薬品費と人件費及び運転費である。通常処理（急速汚過法）と比較するため、人件費等が計上されているもの（施設費を除く）について処理コストをみると、粉末活性炭注入方式の8浄水場の注入期間中の費用は、0.5～11.1円/ m^3 （平均3.9円/ m^3 ）で、通常処理の平均11.7円/ m^3 の33%に当る。なおこのさいの注入率は3.6～18.4 ppm（平均9.0 ppm）であり、1 ppm当りの費用は0.43円/ m^3 になる。

平均処理コスト3.9円/ m^3 のうち活性炭の費用は2.1円/ m^3 である。注入率によってコストが相異なることは当然であるが、活性炭そのものの単価もかなり異なるようである。

活性炭汚過法については岩沼市のみであり、活性炭処理3.2円/ m^3 は同市の通常処理14円/ m^3 の23%である。このうち活性炭の費用は1.4円/ m^3 である。

表Ⅱ-2-2 活性炭処理費用（50年度）

都 市 名	浄水場名	平均注入率	使用日数	活性炭処理費(薬品費のみ)		通常処理
		ppm	日	円/ m^3	円/ m^3	円/ m^3
(粉末活性炭注入)						
呉 市	平 原	5.2	86	3.4	(1.1)	3.0
"	石 内	7.4	67	4.4	(1.9)	6.0
"	焼 山	18.4	122	11.1	(4.9)	10.0
入間川市	鍵 山	6.3	51	6.7	(5.1)	16.0
福 岡 市	高 宮	3.6	27	0.7	(0.6)	11.3
"	松 崎	16.0	56	2.7	(2.1)	14.0
"	乙 金	5.4	1	1.3	(1.0)	10.6
鹿児島市	河 頭	10.0	22	0.5	(0.3)	23.0
平 均	(8)	9.0	54	3.9	(2.3)	11.7
(活性炭汚過)						
岩 沼 市	玉 崎	—	常 時	3.2	(1.4)	14.0

- (注) 1. 活性炭処理費は、使用期間中の単価で、施設費は除き、薬品費・人件費・動力費を含む。通常処理も同様である。
2. 京都市（砂層の上層に10 cmの活性炭層を設けている）の51年度の費用についてみると、給水原価72.24円/ m^3 、浄水費11.03円/ m^3 、薬品費のうち通常処理（凝集剤、塩素）0.4円/ m^3 、活性炭0.54円/ m^3 （年間費用280百万円）である。なお51年度は少なく、計画ベース（6ヵ月入替、粉末活性炭1ヶ月分備蓄）では1.20円/ m^3 となる。

なお表Ⅱ－２－２の銚2の京都市（砂層上に10cmの粒状活性炭層を設置）の例にみるように給水原価中に占める活性炭処理費の占める比率は、薬品費にして1～2%である。また後述するようにUSEPAの試算では、再生処理を含む活性炭汚過の場合、3人世帯で年間6～10ドルの負担増としているが、これを仮りに年間使用水量300m³として計算すれば4～7円/m³になる。

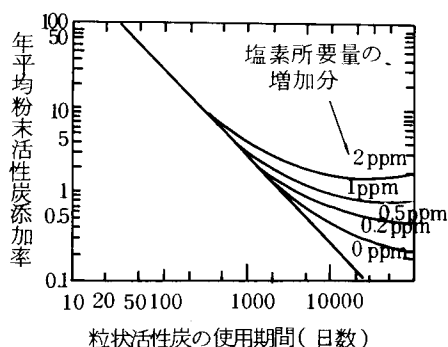
概してみれば、粉末活性炭の常時注入及び粒状活性炭汚過の場合の施設費を除く費用は3～4円/m³ていどであり、給水原価（51年度、80.4円/m³）を5%ていど押し上げることになる。

表Ⅱ－２－２によれば、汚過法の方が粉末注入法より安いような印象をうける。しかし粉末活性炭注入法の場合は注入期間中のコストであるから、異臭味発生期間中、短期的に使用するような場合には粉末活性炭注入法の方が明らかに経済的である。

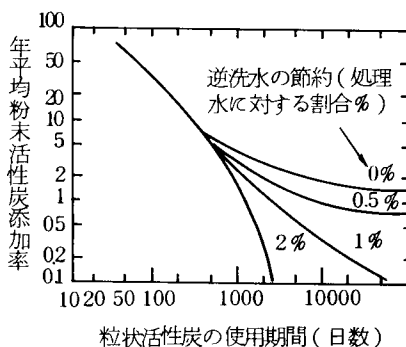
なおHyndshawは粉末活性炭と粒状活性炭の経済分岐点を図Ⅱ－２－1のように示しているが、この図からもわが国の現状のように主として異臭味発生時において、比較的短期間使用する場合には、粉末活性炭が明らかに経済的であるといえよう。

図Ⅱ－２－1 粉末活性炭と粒状活性炭の経済分岐点

北川ら「活性炭工業」による



(a) 粒状活性炭使用による逆洗時の消耗率3%として計算



(b) 粒状活性炭使用による塩素所要量の増加1ppm, 逆洗時の消耗率3%として計算

表 II - 2 - 1 活性炭処理等

都 市 名	浄水場名	水 源 名	処理能力	特殊処理	平均注入率 (範 囲)
			$m^3/日$		ppm
寝屋川市	第 2	淀 川	R 9,000	P C	1 2.5 (15~20)
呉 市	平 原	三 永 ・ 本 庄	S 24,000 R 17,000	〃	5.2 (2.5~9.3)
〃	石 内	三 永 ・ 郷 原	S 4,000 R 27,000	〃	7.4 (5.5~13.1)
〃	焼 山	本 庄	R 6,500	〃	18.4 (11~24)
柳井市	和田山	黒杭 (溜池)	R 14,600	C F	—
日立市	森 山	久慈川	R 89,863	P C	5.9 (2.2~13)
入間川市	鍵 山	入間川	R 22,800	〃	6.3 (2.3~8.7)
狭山市	第 1	〃	R 20,000	〃	5
千葉県	柏 井	印旛沼	R 360,000	P C、O	16 (10~44)
愛知県	豊 田	矢作川	R 173,250	P C	15
岩沼市	玉 崎	阿武隈川	R 15,050	C F	—
稚内市	荻ヶ丘	サラキトマイナ川	R 32,000	P C	23 (16~30)
山中町	柏 野	大聖寺川	R 20,000	〃	9 (7~10)
松江市	忌 部	千本・貯水池	R 30,000	〃	7 (4~11)
名張市	大屋戸	大屋戸	R 22,500	C F	—
高松市	川 添	四ヶ池	R 20,000	P C	18.2 (5~32)
長崎市	矢 上	八郎川	R 15,600	C F	—
〃	浦 上	大井手川、川手川、 長与川	R 33,900	P C	5.8 (3.9~13)
〃	道の尾	郡 川	R 12,000	〃	5.4 (5.2~5.8)
京都市	蹴 上	琵琶湖疏水	R 198,000	C F	—
〃	松ヶ崎	〃	R 206,000	〃	—
〃	山ノ内	〃	R 200,000	〃	—
〃	新山科	〃	R 193,000	〃	—

の特殊処理の現況（昭和50年度）

年 間 使用日数	使用時期	浄 水 薬 価		目 的	備 考
		通常処理	特殊処理		
日	月	円/㎡	円/㎡ (円/㎡)		
4	2、7、12	38.7	0.6	脱 臭	1) R；急速濾過
86	5～11	3	1.1 (3.4)	〃	S；緩速濾過
67	5、6、8～11	6	1.9 (4.4)	〃	2) PC；粉末活性炭処理
122	5～10	10	4.9 (11.1)	〃	CF；粒状活性炭処理
149	9～ 1	11	2.9	〃	O；オゾン処理
62	5～7、2	0.82	1.7	〃	3) 特殊処理単価は、使用
51	12～ 3	16	5.1 (6.7)	陰イオン活 性剤除去	期間中の薬品費のみの単
7	2	20	4.4	〃	価、ただし（ ）は人件
常 時	常 時	6	4.5	脱 臭	費、動力費を含む。
2	11		1.7 (2.7)	〃	
常 時	常 時	14	1.4 (3.2)	〃	
87	6、7、9、10	12.7	12.2	〃	
40	9～11	4.9	2.4	〃	
52	6～ 8	11	3.3	〃	
143	6～11	7.9	1.1	〃	
191	3～9、12、1	22.2	4.0	〃	
64	6～ 8	21.3	5.9	〃	
149	4～10、12	10.7	0.9	〃	
40	4～ 6	13.9	1.1	〃	
常 時	常 時	5.88	0.3	〃	PCも常備
〃	〃	9.75	0.4	〃	〃
〃	〃	6.96	0.5	〃	〃
〃	〃	5.1	0.3	〃	〃

都 市 名	浄水場名	水 源 名	処 理 能 力	特殊処理	平均注入率 (範 囲)
			$m^3/日$		ppm
京 都 市	九条山	琵琶湖疏水	R 30,000	C F	—
佐 賀 市	神 野	多布施川	R 55,000	P C	12
和 泉 市	和 田	榎尾川光明池	R 10,000	PC、CF	9.8 (2.3~17)
草 津 市	ロクハ	琵琶湖	R 12,000	P C	5.7 (2.4~11)
鹿児島市	河 頭		R 70,000	〃	10
福 岡 市	高 安	那珂川	R 199,000	〃	3.6 (3.4~3.8)
〃	松 崎	多々良川	R 35,000	〃	16
〃	乙 金	小石原川	R 100,000	〃	5.4
倉 敷 市	片 島	高梁川	R 34,500	PC、O	—
東 京 都	三 園	荒川・利根川	R 300,000	P C	27
〃	金 町	江戸川・中川	R 1,820,000	〃	6.9
〃	朝 霞	荒川・利根川	R 1,700,000	〃	26
伊 丹 市	千 僧	猪名川	R 90,000	〃	—
尼 崎 市	神 崎	淀 川	R 86,000	PC、O	—
仙 台 市	茂 庭	釜房湖	R 200,000	P C	—
豊 中 市	柴 原	猪名川	R 28,000	〃	—
茨 城 県	鹿 島	霞ヶ浦 (北浦)	R 25,000	C F	—
〃	霞ヶ浦	〃 (西浦)	R 55,600	〃	—
京 都 府	宇 治	天ヶ瀬ダム	R 72,000	〃	—
泉佐野市	日根野	大 池	R 5,000	〃	—
小野田市	高天原	厚東川ダム	R 26,000	〃	—
宮 崎 市	下北方	大淀川	R 100,000	P C	—
久留米市	放光寺	筑後川	R 63,000	〃	17
奈 良 市	緑ヶ丘	須川ダム	R 74,000	PC、O	—
大 阪 市	柴 島	淀 川	R 800,000	P C	—
〃	庭 窪	〃	R 600,000	〃	—

年間 使用日数	使用時期	浄水薬価		目的	備考
		通常処理	特殊処理(年間)		
日	月	円/m ³	円/m ³ (円/m ³)		
常時	常時	15.5	0.6	脱臭	
34	7、10、12	2.6	1.8	〃	
125	4～6、9～1	35.5	6.1	〃	
常時					
237	4～12	11.1	0.7	〃	
27	11	23.0	0.3(0.5)	〃	
56	12～2	11.3	0.6(0.7)	〃	
1	10	14.0	2.1(2.7)	〃	
22	8	10.6	1.0(1.3)	〃	
50年度使用せず		9.6	50年度使用せず	〃	
3	1	6.1	4.5	〃	
3	1	3.5	11.0	〃	
3	1	4.0	4.1	〃	
50年度使用せず		14.1	50年度使用せず	〃	
〃		17.4	〃	〃	
〃		4.6	〃	〃	
〃		38.0	〃	〃	
〃		85.4	〃	〃	
〃		30.1	〃	〃	
〃		6.8	〃	〃	
〃		—	〃	〃	
常時	常時	(14.4)	不明	〃	()は活性炭処理分を含む
50年度使用せず		—	50年度使用せず	〃	PC ; 34カ所
3	7		5.5	〃	CF ; 15 〃
50年度使用せず		0.8	50年度使用せず	〃	C ; 4 〃
〃		—	〃	〃	
〃		—	〃	〃	

Ⅱ－２－２ 活性炭の性状

(1) 水道用活性炭の条件

活性炭は、やしがら、のこぎりくずおよび石炭等を原料とし、乾溜装置で赤熱し、炭化水素を揮発させ、でき上った炭は高温で酸化ガスに接触させて賦活処理をして製造される多孔性の炭素質の物質である。

活性炭はサイズにより粉末状と粒状に分類されており、水道の浄水工程で使用するには表Ⅱ－２－３のような得失がある。

水道用活性炭として要求される条件は下記の通りである。

- 1) 臭気、A B S等の除去対象物質に対する吸着能力が大きく、かつ、その持続性に優れていること。
- 2) 処理水の水質に悪い影響を与えるような溶解性物質や夾雑物を含まないこと。
- 3) 製造方法は、水蒸気賦活法によるものとし、塩化亜鉛等による化学的賦活法を使用しないこと。
- 4) 品質が均一であるほか、使用方法により、粉末については分散性、粒状については堅硬性等を満足すること。

これらの条件を満たすか否かの性能評価についてはまだ開発途上にあり、また、市販されている活性炭には吸着能力等に相当の差のあることが報告されているので、使用にあたっては適切な検討が不可欠である。

活性炭の細孔特性は一般に、(1)比表面積、(2)細孔容積、(3)平均細孔径、(4)細孔径分布などで示され、活性炭の水処理用性能評価方法として、(1)充填密度、(2)粒度分布、(3)硬度、(4)吸着力試験－乾燥減量、充填密度、粒度、硬度、p H、比表面積、細孔容積、空隙率、気孔率、フェノール価、A B S価、メチレンブルー脱色力、ヨード吸着力、カラム脱色力等の試験項目が考えられている。水道用活性炭の選定標準の例を表Ⅱ－２－４、表Ⅱ－２－５に示す。

表Ⅱ-2-3 粉末活性炭処理と粒状活性炭処理の利害得失

項 目	粉末活性炭処理	粒状活性炭処理
(1)処 理 施 設	○既設の施設を用いて処理できる	△ろ過そうを作る心要がある(建設費大)
(2)短期間処理の場合	○必要量だけ購入すればよいから経済的	△炭素が薄くても厚くても不経済である
(3)長期間処理の場合	△経済性は向上しない	○層厚を厚くできる。再生使用するから経済的となる
(4)注入作業および労務管理	△困難が伴う	○容易(機械化しやすいし飛散がない)
(5)処理中断の危険性	△ある(機械の故障、停電あるいはホッパー内ブリッジ)	○ない
(6)再 生 使 用	△困難が伴う	○可能
(7)微生物の繁殖	○使い捨てだから心配ない	△繁殖するおそれがある
(8)廃棄の際のトラブル	△沈積した炭末を含む黒色汚濁は公害の因となる	○どろを生じないので公害のおそれがない
(9)漏出による黒水のトラブル	△ことに冬季には起こりやすい	○ほとんど心配がない
(10)処理管理の難易	△困難を伴う(注入時の急変マッチング困難)	○容易

日本水道協会；水道施設設計指針・解説より

表Ⅱ-2-4 粉末活性炭の選定標準(JWWA K 113-1974)と購入仕様例

項 目	選定標準	購入仕様例	摘 要
粒 度	74 μ のふるい残分10%以下	100メッシュ(0.147mm)のふるい残分5%以下	※100メッシュのふるい通過分について ※同上
メチレンブルー脱色力	—	※150 ml/g以上	
ヨウ素吸着力	—	※1,000 mg/g以上	
乾燥減量	20~50%	45~50%	
pH	4~11	4~11	
塩化物	0.5%以下	—	
鉛	10ppm以下	10ppm以下	
亜鉛	50ppm以下	50ppm以下	—
カドミウム	1ppm以下	1ppm以下	
ヒ素	2ppm以下	2ppm以下	
導電率	900 μ S/cm以下	—	

日本水道協会；水道施設設計指針・解説より

表Ⅱ－２－５ 粒状活性炭の購入仕様例

項 目	購 入 仕 様 例	摘 要
粒 度	8～32メッシュ (2.362～0.495mm)	100メッシュ 過分について 同 上
メチレンブルー 脱 色 力	95 %以上 150 ml/g 以上	
ヨウ素吸着力	1,000mg/g 以上	
乾 燥 減 量	5 %以下	
pH	4～11	
塩 化 物	0.5 %以下	
鉛	10ppm 以下	
亜 鉛	50ppm 以下	
カ ド ミ ウ	1ppm 以下	
ヒ 素	2ppm 以下	

日本水道協会；水道施設設計指針・解説より

(2) 粉末活性炭

粉末活性炭処理は、凝集沈殿、戸過等の浄水工程と組み合わせて行うもので、応急的あるいは短期間使用する場合には経済的であり、また原水水質の変動に伴なって注入率を任意に設定しうる利点を有している。その反面、注入作業時における粉じん飛散、漏出による黒水のトラブル等を生じやすく、管理上、十分な注意が必要とされる。

粉末活性炭は、原水と混合し、被吸着物質を吸着させた後、一部は沈殿池で、残りは戸過池で除去するため、接触戸過吸着法といわれている。注入地点、注入率は経験的に定められることが多い。粉末活性炭も回収再生の方法が開発されているが、水道の浄水工程で用いる場合には、通常、回収されず、汚泥として処理される。

(3) 粒状活性炭

粒状活性炭は、戸材として活性炭を用い、炭層戸過を行うのが通常であり、次の2つの方法がある。

- 1) 活性炭と戸砂の複層戸過
- 2) 活性炭のみを戸材とする活性炭戸過

1) は、通常の砂戸過池を用いて応急的に異臭味対策として採用されることがあるが、逆洗時の活性炭の流出、活性炭層の安定性の欠如等が生じやすく、恒久的方法としては不十分である。このため、2) の活性炭戸過のための専用品戸過池（槽）が採用される傾向

にあり、最近の活性炭処理の中心はこの活性炭戸過設備である。

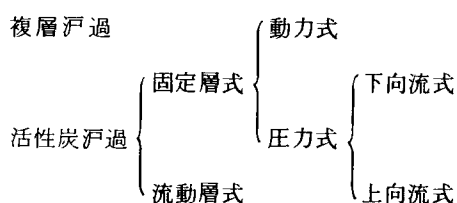
2) の活性炭戸過には、

ア 固定層式

イ 流動層式

があり、通常アの形式が用いられている。通常の急速砂戸過と同様、重力式戸過と、圧力式戸過（下向流式又は上向流式）がある。

表Ⅱ－２－６ 粒状活性炭処理



重力式固定層戸過は、原理的には重力式急速砂戸過池と同様の機能を有し、大容量の処理に適している。砂戸過水を粒状活性炭の戸層を大気圧のもとで通水させるもので、吸着の進行にともなって戸過抵抗が増大するので逆洗によって懸濁物質の排除を行うものである。

圧力式固定層戸過は、鋼板製のタンクに粒状活性炭を充填し、加圧状態で戸過し、戸過抵抗が増大したときは、逆洗により、懸濁物質の除去を行うものである。

流動層式活性炭戸過は、原水を上昇流で通水することによって粒状活性炭を流動状態に保ち両者を向流接触させて吸着を行わせる方式である。この方式は、千葉県水道局水質問題研究会（会長・南部祥一）により、水道用の実験がくり返され、流動床のメリットが確認された。この実験には、石油系ピッチを原料に、熔融成形法により球形とし高温で炭化、賦活して製造した粒状活性炭が用いられ、形状は真球（平均粒径 0.4 mm ）に近く、強度が大きく流動性にすぐれている。このように流動床に適した形状の活性炭の採用によって、固定床方式にともなう閉塞および逆洗を解消することが可能となった。実験結果のうち、固定床方式との比較に関するものを表Ⅱ－２－７にまとめてみた。適当な粒状活性炭のもとでは、流動床方式の有利性が確認されたといえる。

表Ⅱ－２－７ 固定床と流動床についての実験結果

		固 定 床 方 式 (高 層 2 m)	流 動 床 方 式
(1) 処 理 倍 量 ($\frac{\text{活性炭量}}{\text{処理水量}}$)	平 常 時	24 ～ 30 ppm	30 ppm
	発 臭 時	45 ～ 60 ppm	
(2) 水 頭 損 失		戸過抵抗 1週間で4m 1週間に1回以上の逆洗 が必要	長期間使用してもほとんど 変化なし
(3) 通 水 速 度		S.V.10 が適当	L.V.15m/hが適当
(4) 活 性 炭 の 出 し 入 れ		難 点 あり	スリラー化して行えるので 容易
(5) コ ス ト (38万 m^3 /日)	建 設 費	215,000 万円	165,000 万円
	管 理 費	74,000 万円/年 (5.32 円/ m^3)	31,000 万円 (2.23 円/ m^3)

註 千葉県水道局水質問題研究会「原水汚濁等を原因とする水質問題の処理に関する研究調査報告書」より作成した。

(4) 再生工程

粒状活性炭を用いる処理は、被吸着物質の活性炭への吸着工程と、その付着した物質を逆洗等の物理的作用で脱着させる洗浄工程、および、加熱あるいは薬品処理により付着物を除去する再生工程からなる。水道においては前2つの工程は浄水場内で行われ、再生工程は再生メーカーの手により行われている。

再生工程へまわす時期の判定には、未だ確立された計算方式はないため、メチレンブルー脱色力等によりライフの推定を行ったり、実験室で臭気濃度の除去率の測定を行ったりした上で判定している。

活性炭の再生方法として

加熱再生法

湿式空気酸化法

薬品再生法

電解酸素酸化法

微生物分解法

などの方法があるが、水道用には、衛生的配慮から700～1000℃に加熱し、水蒸気の存在下で賦活する水蒸気賦活法によるものとしている。

Ⅱ-2-3 活性炭による吸着作用

(1) 概 説

活性炭による処理は吸着作用を中心にするものと考えられているが、その理論的説明は十分なされておらず、水処理においては実際の考察によって、その効果の判定が行われている。

水処理における吸着プロセスは分子（吸着質）が溶液を離れて、固形質（吸着剤）表面に化学的あるいは物理的結合によって定着すると考えることができる。吸着質と吸着剤の結合が強固な場合は、プロセスはほとんど必ず非可逆的で、化学的吸着が生じたという。一方、結合が非常に弱い場合、物理的吸着が生じたといわれ、この場合は吸着質の溶液濃度を変えることによって容易に吸着面から除去、すなわち脱着される。したがってこのプロセスは可逆的だといわれる。

活性炭の場合は、主として後者の物理的吸着が起っていると考えられ、「吸着」と「物理的吸着」は同じ意味に用いられていることも多い。

吸着プロセスは、次の3段階に分類されている。

- 1) 吸着剤を取りまいてある境膜を通過しての吸着分子の移動
- 2) 多孔質吸着剤の場合は、細孔を通じての拡散
- 3) 活性表面における吸着質および活性炭の結束力を含む吸着質の取り込み

吸着能力はpH、温度に関係し、臭味除去では酸性側で有効性が強く、フェノール除去ではpH8以下がよいと報告されている。

以下、水質項目ごとの活性炭処理の特性を実プランでの結果を中心に考察する。

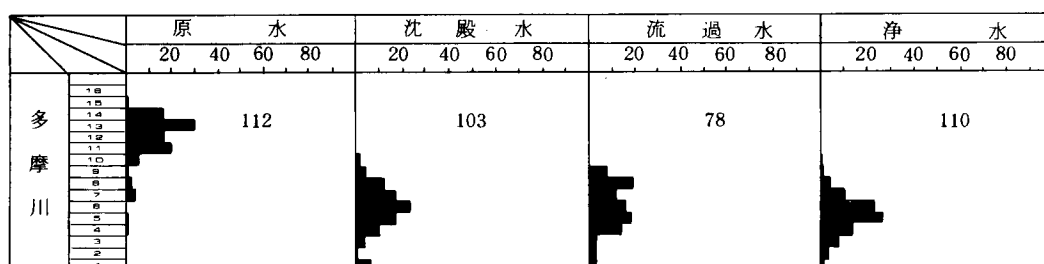
(2) A B S

玉川浄水場で昭和36年以降実施されたA B Sの除去のための活性炭処理の効果については図Ⅱ-2-2のらうな結果が報告されている。A B S濃度（mg/ℓ）の20倍を

標準とする粉末活性炭の注入により、沈澱段階までで大略90%以上のABSが除去された。

下水処理水についての各種実験でも活性炭処理によりABSはほぼ完全に除去できることが示されている。

図Ⅱ-2-2 活性炭処理によるABSの除去状況



(注) 水高度利用委員会報告(44.3)より

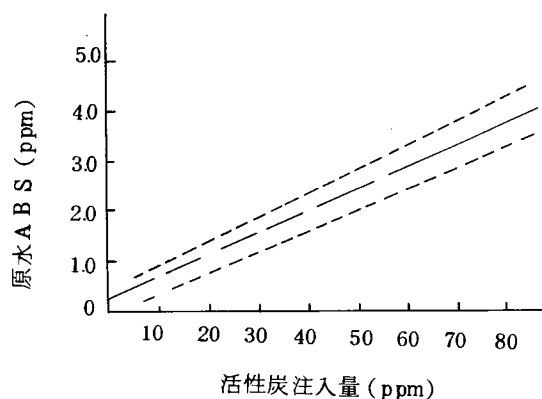
(3) 異 臭 味

水道の浄水工程に活性炭が用いられる場合は異臭味対策が通例となっており、オゾン処理と併用して計画される事例も多くなっている。異臭味は、臭い水と俗称され、最近における水道水の水質問題の中心的課題となっている。

異臭味については、測定方法とその測定結果の表示に未解決の問題が残されている。水道法では、

「異常な臭味がないこと。ただし、消毒による臭味を除く」と規定され、検査方法は40℃ないし50℃にあたためた後、異常な臭気や味があつてはならないとしている。この基準は水質基準に適合しているか否かの判定基準であつて、処理効果を表示する

図Ⅱ-2-3 多摩川原水ABSに対する活性炭注入率(原水ABSを0.5 ppmに低減するのに要する活性炭量):東京都



指標とはなりえない。そこで、希釈水を用いる臭気濃度を用いているが、測定者の個人差も大きく、指標としての普遍性に欠ける面があることは否定できない。しかし、人間の嗅覚はきわめて鋭敏であるので、臭味は未だ計器的測定ではカバーしえない。

第二に、発臭原因について必ずしも明らかとなっていない状況があり、このため即物的対応が要求され、実験室での基礎的研究が進められないケースが多い。発臭原因については琵琶湖の異臭発生原因について、京都市は *Streptomyces* 系の放線菌より代謝されるジェオスミンがその原因物質であることを突きとめた。

千葉県営水道の水源である印旛沼の原水に発生する臭気は、放線菌が生産した強いカビ臭を発するジェオスミン、ドブ臭を発する 2-メチルイソボルネオールおよび芳香臭を発するフルフラールが同定され、ジェオスミンが主要な異臭源物質の一つであることは間違いないと判定されている。

臭気発生に関しては、臭気源物質、発生機序の問題など基礎的な部分の解明が十分とは言えない状況にあるが、水源水質が清浄であれば異臭味問題は発生しないことから、異臭味対策の基本は水源の水質保全におくべきであると考えられる。一方、諸外国の動向を観察すると異臭味問題の歴史は古く、最近の問題が拡大する傾向を示しているので、わが国も諸外国の進んできたパターンをとることも十分予想されるところである。

実プラントでの臭気除去の状況を表Ⅱ-2-8、表Ⅱ-2-9に示す。この京都市の実例では、粉末活性炭の注入率 10～15 ppm で 50～60% の臭気除去が行われた。また、粒状活性炭を 10 cm 敷設した重力式複層戸過池を用いることで約 50% の臭気除去率が安定して得られたとしている。

この結果、原水の臭気濃度が 80 程度までは、粉末活性炭と複層戸過の併用によって、最終的に処理水の臭気濃度を人間が通常感じない値といわれる 10～15 まで下げることが可能となっている。この場合の粒状活性炭のライフは平均 6 カ月程度で、処理水量に対する活性炭使用率は約 3.5 ppm である。

阿武隈川を水源とする岩沼市水道は、昭和 45 年 7 月以降、「カビ臭」に悩まされ、47 年 7 月、粒状活性炭によるフィルターを急速戸過後に設置した。

形状寸法 内径 4 m × 層厚 2.5 m

形 式 堅型圧力式鋼板製、1 基

表-Ⅱ-2-8 粉末活性炭注入中のTOと除去率

項目 注入期間	原 水			処 理 水			除去率 % (平均)	注入率 ppm (平均)	測 定 回 数
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均			
① 46. 7.10 ~7.19	40	20	29	10	5	7	75	8.9	9
② 46. 8.16 ~8.31	33	22	30	11	6	9	71	6.4	13
③ 46.12.25 ~47.1.27	80	13	54	33	6	22	55 60	9.4 15.2	25

(注) 今川；日本水道協会雑誌485号による

表-Ⅱ-2-9 粒状活性炭処理中のTOと除去率

項目 月 別	原 水			処 理 水			除去率%	ろ過速度 m/d	測定回数
	最 大	最 小	平 均	最 大	最 小	平 均			
46年 5	30	7	13	15	2	6	62	133	17
6	60	13	30	30	7	15	46	128	26
7	50	8	23	25	5	12	48	141	18
8	30	8	18	15	5	9	48	151	12

(注) 今川；日本水道協会雑誌485号による

処理能力 7,500 m^3 /日

ろ過速度 25 m/H

接触時間 6分

活 性 炭 ヤシ殻活性炭、6~20メッシュ

このフィルターにより、原水のTO2,000~6,000、ろ過水のTO90~170の水が、TO20~40に処理された。臭覚限界は60と考えられており、活性炭処理は所期の効果をあげている。

(4) 重 金 属 類

重金属類に対する活性炭処理の効果については、いくつかの実験室レベルの研究報告がある。

厚生省水質基準策定除去試験研究班の報告から、活性炭処理実験に関する部分を抜粋し、とりまとめたものが表Ⅱ-2-10である。または表Ⅱ-2-11のとおりである。

表Ⅱ-2-10 重 金 属 等 の 活 性 炭 吸 着

重金属等	除 去 率	活 性 炭 添 加 量	重 金 属 添 加 量	摘 要
	%	mg/l	mg/l	
C d	4~17	200	1~ 9	Cd濃度約4 mg/lの場合、吸着量は0.5~0.6 mg Cd / 200 mg活性炭で、粘土を用いた場合より低い。
N i	5~ 8	200	1~ 9	粉末活性炭の方が粒状活性炭より吸着性が高い。
A s	(70)	(-)	(0.2)	(Pattersonら) 一般には不溶性の状態が多く、濁質除去により除去可能。
B a	ほとんどなし	—	5~10	塩化バリウム、ヨウ化バリウム
H g	33~85	10~50	1~10	塩化第二水銀、塩化メチル水銀によるもの。 有機水銀化合物は極微量であることが必要で、 そのためには大量の活性炭を使用しなければ除去できない。
S e	—	—	—	水中では SeO_4^{2-} 等の陰イオンで存在するからほとんど吸着できないと考えられる。
V	ほとんどなし	0~50	0.10	水中では陰イオンの形で存在している。
P C B	83~86	1000	0.5~1.0	実験回数が少く、又完全な飽和吸着状態に達しているとは考えにくいので簡単に評価できない。

(注) 厚生省水質基準策定除去試験研究班；通常の浄水処理による重金属等汚染物質の除去に関する研究（水道協会雑誌495号、496号（50.12，51.1））から抜粋し、筆者がとりまとめた。

これから、鉄、マンガン、ヒ素のように自然状態又は前処理によって不溶性の状態とされたものについては相当の効果があり、又無機水銀についても明らかに吸着効果がみとめられるが、カドミウム、ニッケル、バリウム、セレン、バナジウムについて

表Ⅱ-2-11 鉄、マンガンの活性炭処理（岩沼市）

	原 水	急速 戸 過 水	活性炭 戸 過 水
鉄	0.48	0.10	0.08
マンガン	0.015	0.005	ND

(注) 阿武隈川水質調査報告書（昭47.12）による。

は除去効果は期待できない。また有機水銀のように極微量でも毒性上問題とされるものについても通常の注入率（10～30 ppm）では安全とはいえず、大量の粉末活性炭を使用しなければ高度の除去は期待できない。

(5) 有機物質等

水道水中の有機物質量を示す現行の指標は過マンガン酸カリウム消費量である。これは有機性及び無機性の被酸化物質を含めて測定されるので、過マンガン酸カリウム消費量の低下をもって、即有機物質量の低下とみることはできないが、相対的に、かつ総合的に評価するうえでは用いる。

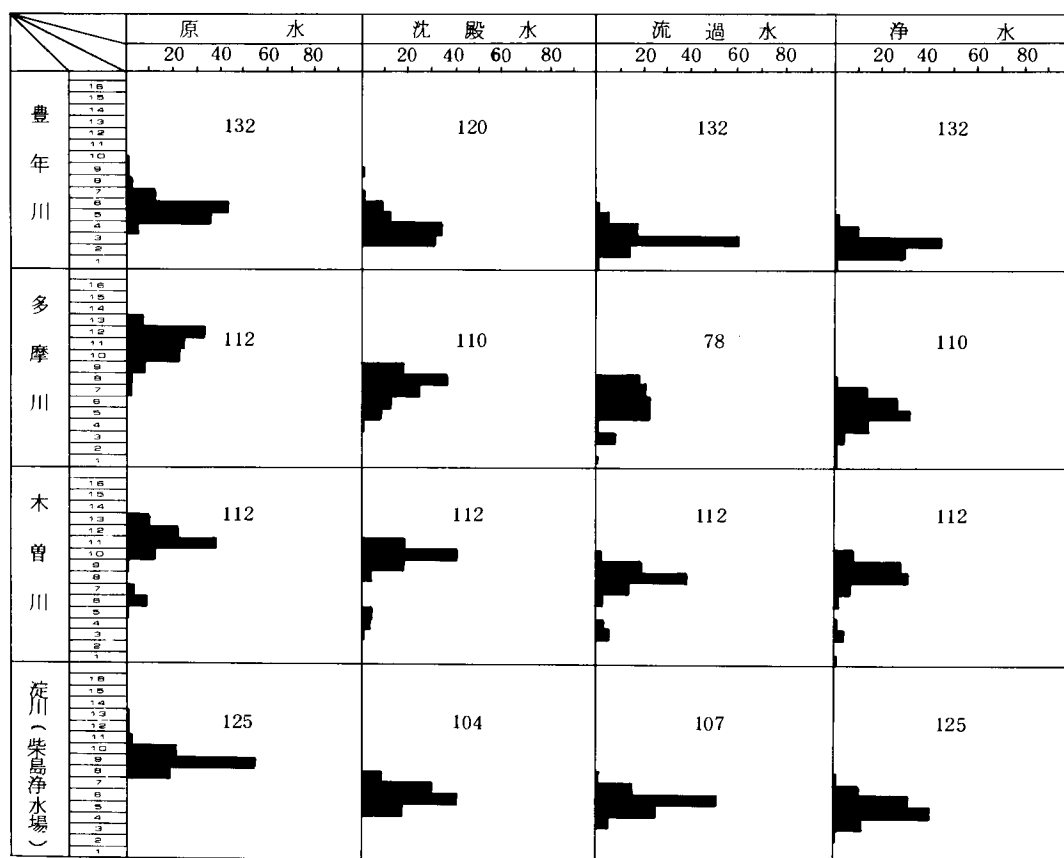
東京都玉川浄水場における粉末活性炭の使用例では、80～90%の除去効果を示している。

岩沼市玉崎浄水場の凝集沈澱 - 急速戸過後の水（4～8 ppm）に対する活性炭戸過では10～20%の除去にとどまっている。

活性炭処理による有機物質の除去については多くの研究がある。とくに下水、廃水処理の分野において多い。

例えば丹保らはマトリックスによる都市水代謝の水質評価に関する報告の中で、一般家庭下水の活性汚泥処理水を用いた一連の実験において、凝集、沈澱処理によって分子量1500以上の溶解性有機成分はほとんど除去されるが、これ以下の低分子量側に対しては有効な除去が期待し難いとし、活性炭吸着処理（固定層）ではこの低分子量側の領域で紫外部260mμに大きな吸収を示す有機成分はほとんど除きうるとし、総じて生物処理－凝集処理－活性炭吸着処理のプロセスによって、下水性の一般溶解性有機物はほとんど完全に近く除去されるとしている。

図Ⅱ－２－４ 活性炭処理による過マンガン酸カリウム消費量の除去状況



（注） 水高度利用委員会報告による木曽川は通常処理である。

また合田博士らは国立公害研究所の一般廃水に関する高度処理の実験の中で、TOD、SSで表現すればほとんど除去されるとしている。（表Ⅱ－２－１３）

また水中に溶解した農薬についても相当の除去効果を有することが報告されている。（表Ⅱ－２－１２）

しかし一方において、合田博士らは紫外吸光度で表示すれば、上記の実験において、活性炭処理水中には蒸留水にくらべてなお相当量の有機化合物が含まれていることが推

表II-2-12 河水に溶解した農薬の除去

	農薬除去率(%) (原水中濃度 10ppb)					
	DDT	Lindane	Parathion	Dieldrin	2,4,5-T Ester	Endrin
塩素処理 (5ppm)	<10	<10	75*	<10	<10	<10
凝集沈殿過	96	<10	80	55	65	35
活性炭処理						
粉末 5ppm		30	>99	75	80	80
10ppm		55	>99	85	90	90
20ppm		80	>99	92	95	94
粒状炭層 0.5gpm ft ³	>99	>99	>99	>99	>99	>99

(注) Robeckらの Little Miami 川の河水を用いてパイロットプラント

試験結果による。AWWA, 57, (2) (1965)

北川ら; 活性炭工業 (昭和50年6月)

* Parathion 以上に毒性の強い Paraoxon に酸化された。

表II-2-13 生活廃水の高度処理水質

水質項目	活性汚泥法 処理水	凝集沈殿+ 砂ろ過水	活性炭処理水	逆浸透装置		
				プレコートフ ィルター原水	逆浸透原水	逆浸透処理水
伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	220	228	215	230	220	39
pH	7.40	7.10	7.00	6.90	6.80	6.05
蒸発残留物 (mg/l)	223	176	165	160	162	25
浮遊物 (mg/l)	58.1	0.8	0.3	0.2	0.0	0.0
T-P (mg/l)	0.315	0.035	0.022	0.074	0.072	0.032
PO ₄ -P (mg/l)	0.100	0.010	0.009	0.025	0.029	0.009
NH ₃ -N (mg/l)	0.57	0.38	0.21	0.97	0.76	0.48
NO ₂ -N (mg/l)	0.218	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ -N (mg/l)	4.30	2.47	2.27	2.69	2.98	0.98
Cl ⁻ (mg/l)	16.4	18.3	11.3	13.5	15.5	3.2
SiO ₂ (mg/l)	—	—	—	31.2	27.6	6.5
TOD (mg/l)	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
* 藻類増殖能	577.1	12.5	11.6	—	0.2	0.0

* クロロフィル a 量 ($\mu\text{g}/\text{l}$)

(注) 合田、田井; 廃水の高度処理と水質の限界、用水と廃水 vol 18, №9 (1976)

察されるとしており（図Ⅱ－２－５）、また染料分子の活性炭吸着特性に大きな差のあることを指摘し、同様なことが脂肪酸、アミノ酸、糖類などについてもいえるとしている。（表Ⅱ－２－１４）

またZuckerman らは下水中のクロマトグラフ的分子量1200前後あるいはそれ以上のものは吸着除去されにくいとしているが、北川は高分子物質は吸着速度は小さくなるが吸着される可能性があり、又吸着に影響を与える要素として分子量、分子径のほか、溶解度の大小も関係し、一般的には溶解度の小さいものがよく吸着される傾向があるとしている。

活性炭処理法の採択については、北川はその処理効果を上げるためには実際の対照水について平衡吸着、吸着速度を測定し、粒状活性炭の場合はカラム通水実験の結果をもとに判定するのが最も当を得た方法であるとしている。また合田らは有機化合物については極端に言えば一つ一つが固有の吸着特性を有するから、下水処理水のような多種類の有機化合物を含んでいる場合には、その構成物質について種別、量を同定することが理想であるが、 CCE 、 $C \overset{A}{e} E$ のような水処理側と分析側とを結びつける新たな中間指標を導入して設計の合理化を図る必要があると提言している。

表Ⅱ－２－１４ 染料分子の活性炭吸着特性

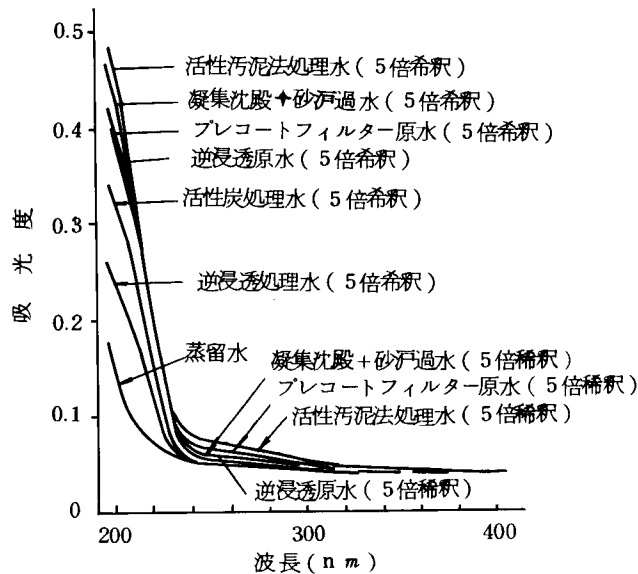
$$q = kc^{1/n} \text{ の } k \text{ と } 1/n \text{ の 値}$$

染 料 名	分子量	k	1/n
メチルオレンジ	327	3.0×10^{-4}	0.10
ブリリアントグリーン	483	2.6×10^{-2}	0.83
ビスマルクブラウン	419	4.6×10^{-4}	0.39
エオシン Y	692	1.2×10^{-2}	0.48
オレンジ I	350	3.2×10^{-2}	0.47
オレンジ G	452	4.2×10^{-4}	0.18
ナフトールエロー S	412	8.3×10^{-4}	0.20
タートラジン	534	1.9×10^{-3}	0.47
インジゴカルミン	466	3.5×10^{-4}	0.15
フロキシン B	830	2.8×10^{-7}	0.02

（注） 合田、日井、須藤：染料に対する活性炭吸着特性

第27回全国水道研究発表会（1976）

図 II - 2 - 5 高度処理水の紫外吸光度



(註) 合田、田井；廃水の高度処理と水質の限界、用水
と廃水 Vol 18, №9 (1976)

II - 2 - 4 USEPAの合成有機化学物質の除去のための活性炭処理の義務づけ

USEPAは53年2月9日にSafe Drinking Water Actに基づくNational Interim Primary Drinking Water Regulationを一部改正して、トリハロメタンの最大許容濃度を設定するとともに、飲料水中の有機化学物質を除去するための処理基準として、粒状活性炭処理を義務づけることを公表した。(この改正案に対し5月31日までに意見の申立てを受け、最終的な規定を6カ月以内に出す予定。)

前段はさておき、粒状活性炭処理については、当面給水人口が7万5千人を超える水道に現在の浄水システムに粒状活性炭処理を付加することを義務づけ、将来は粒状活性炭の使用や代替の消毒剤についての運転や技術面での経験がさらに積まれれば、その適用範囲を拡大することとしている。

この粒状活性炭処理の目的は、飲料水中にクロロホルムなどのトリハロメタンや、人工有機化学物質が存在すれば、人の健康に悪影響を及ぼす可能性があるという認識に基づく

ものであり、予防的にこれら有機化学物質を最大限減少させようとするものである。

ここで人工有機化学物質は、工業、農業などの人間活動に基因するものといい、天然の有機化学物質や水処理の副生成物として混入する物質以外のものとしている。

すなわちEPAが行った全国監視調査では、①ハロゲン化脂肪族炭化水素及びハロゲン化芳香族炭化水素（四塩化炭素、ジクロロエタン、塩化ビニル、クロロベンゼン）、②農薬ではデルドリン、リンデン、③芳香族ではペンゼン、トルエン、スチレン、④多環芳香族ではフルオランセン、⑤窒素化合物ではアニリン、ニトロベンゼン、⑥エステルではフタル酸ジブチルなどを検出している。平均濃度は数 ppb レベルで、最も多く検出されたのはペンタクロロフェノール、ジクロロベンゼン及びトリクロロエチレンであったとしている。

一方国立科学アカデミーは、ある水道水中に発がん性物質または発がん作用をもつおそれのある物質 22 種を同定したと報告している。物質の発がん性については議論が別れる点が多いが、この報告では、①動物に対して発がん性をもつ多くの化学物質は、人に対しても発がん性をもつものが多い。②発がん性物質については安全濃度は存在せず、腫瘍出現率は投与量に直接比例する。③飲料水中の人工有機化学物質の濃度は一般に ppb レベル以下であるが、生涯摂取した場合の影響が憂慮されている。④物質間の相乗作用による危険の増大もありうるとしている。

今回のEPAの予定する措置（活性炭処理）は、このような微量有機化学物質の存在による人体影響が医学的に否定し切れないことを背景とし、また水道サイドとしてこれら多様な物質の同定や日常的な監視が不可能であることから、予防的にこれら有機化学物質を最大限に減少させようとするものである。

次に人工有機化学物質の処理方法については、すべての人工有機化学物質の濃度を日常的に測定することが不可能であるので、処理水中の最大許容濃度は設定せず、処理方法のみが規定された。

処理方法については、活性炭吸着、樹脂吸着、ばっ気等が検討されたが、粒状活性炭の使用がこれらの中の最も効果的で、適用範囲の広い方法であるとして、粒状活性炭のみを指定したとしている。

粒状活性炭処理設備の設計の目標として、連続3回の試験結果の平均値が次の3条件に適合するよう、活性炭の種類、接触時間及び再生頻度を定めるものとしている。すなわち、

1) 処理水中の揮発性有機ハロゲン化合物（トリハロメタンを除く）の濃度が $0.5 \mu\text{g}/\ell$ 以下であること。

2) 新しい粒状活性炭による TOC 除去率は 50 % を超えること。

3) 処理水の TOC 値は、新しい粒状活性炭を使用した時の TOC 値を $0.5 \text{mg}/\ell$ 以上は超えないこと。

1) の条件は、パージ・トラップ法で測定される揮発性有機ハロゲン化合物は、他の分子量の大きい化合物より早く粒状活性炭層を通過する傾向があること、飲料水から普遍的に検出される工業化成品であること、他のより検出しにくい有害物質の存在を標示しうること、このグループに属する四塩化炭素やトリクロロエタンなどは発がん性物質であることが確認されていることから代表指標とされ、又 $0.5 \mu\text{g}/\ell$ は運転上の基準として選定し、新しい活性炭を用いて適当な接触時間を与えればこの値以下にすることができると解説している。また多くの場合、活性炭の再生頻度は数ヶ月運転毎に 1 回以上と推定されるが、設計上は 3 週間に 1 回再生するよう示唆している。

2)、3) の条件は、揮発性有機化学物質を含むおそれの少ない水源による水道に対するものである。TOC はそのほとんどすべてが有害性はないと考えられる天然の高分子化合物に由来するので、TOC のみで基準を示すことは適当ではない。しかし TOC がかなりの量通過する場合には、粒状活性炭の能力が飽和して有害な人工有機化学物質の一部は除去できなくなる。活性炭再生の目安を与えるものである。2) の条件を充たすことは容易であり、むしろ 3) の条件に意味がある。

以上の設計条件に基づき原水水質に対応してケースバイケースに設計仕様が作られ、EPA 又は州政府による認可によって決められる。

なお粒状活性炭以外の処理技術については、人工有機化学物質の除去効率が同等以上であることが証明されれば、代替処理技術として認められる。

また原水水質からみてこのような処理をしなくても人の健康に影響がないことが証明されれば例外的に適用除外される。

この規則には発効後 3 年半の猶予期間が与えられている。設計と建設の期間である。

II - 2 - 5 行政技術上の所見

現在わが国上水道における活性炭処理は、前述のように生物又は化学物質に基因する異

臭味除去を目的としたものが大部分であり、一部にA B S除去のために行われている。一般に異臭味問題は、生物的原因によるものは季節的に、化学的原因によるものは事故的に発生し、又A B Sによる発泡問題も渇水期等に発生するから、緊急、臨時的措置であるという認識と、発生頻度あるいは継続日数が少ない場合には経済的であるという理由で、粉末活性炭注入法による間褐処理が主流をなしている。このような実態は対処療法として当然に必要であり、かつ経済的であるから一応の合理性を有する。

しかしながら現状では、日常の水質検査では多くの場合事後になり、あるいは塩素注入後に異臭物質化するものもあることから、~~事前には他都市からの情報が主たるものである。~~多くの場合、住民の苦情で^{したのちに}発見する結果となり、その措置をとった事例が少くない。(53年琵琶湖赤潮－天津市等) このような突発事故に対して各浄水場での監視の強化、及び流域ごとに関係水道事業者、河川管理者、公害行政担当者等で構成する水質汚濁連絡協議会を組織し、相互の情報交換等による監視強化により、事故の早期発見体制がとられている例もあるが、この場合でも上流部の水道ではこの組織による受益は少ない。

また粉末活性炭注入が応急措置であることから注入設備そのものが簡易で活性炭取扱者の労働条件がよくないという例もある。設備改善によりある程度対応できようが、問題は残る。

このように事故発生－粉末活性炭注入方式のみでは、何よりも異臭水が供給される危惧があることから不十分で、再検討が必要であると考えるが、これに加えて筆者は次の観点から活性炭処理法を見直すべきことを強調したい。

すなわち水道水源には生活排水や産業排水から有機・無機の化学物質や生物が不可避免的に排出され、一部の河川ではその汚濁度も高く、質も多様である。このうち懸濁性成分については通常の廃水処理で相当部分が除去されるが、溶解性成分の除去は困難であるから今後下水処理の整備が進んでも問題が残る。これらの廃水が排出される河川水中には、前述のU S E P Aの全国有機物質監視調査において多くの人工有機化合物を同定しているように、多種類の有機化合物を含有している(参考資料A)。その中には、U S E P Aのいうように発がん性物質とされている四塩化炭素なども含まれ、又これら物質の相乗作用も否定されていないとしている。

また筆者らの調査でも浄水場における塩素処理の結果、有機化合物と塩素とが結合して

トリハロメタンが数 ppb から数10 ppm レベルで生成されることを認めており（参考資料 B）
又、処理過程中的トリハロメタンの生成も認められている（表Ⅱ-2-15）。これらの物質が生物に対して毒性が高いことはよく知られているところである。

このように水中の微量な主として溶解性の有機化合物は不可避免的に供給され、かつこれら有機化合物のすべてを同定することは不可能であり、日常の監視はできないことを考慮すれば、USEPA が主要水道に対して活性炭処理の設置義務を課することとしたように、これら物質に対する連続的な浄水機能を保持する必要があるような印象をうける。

以上のように異臭問題は不測的に発生すること、人工有機化合物等の微量の有機化合物の有害性について不安があり、かつこれらを固定し、日常監視できないことから、予防的に常時活性炭処理を行なうことが適当と考えるものである。これに要する費用は、京都市の各浄水場が処理砂層上に 10 cm 厚さに活性炭層を設けているほか、異常時に対応して粉末活性炭を貯留しているような例で薬品費にして 1.2 円/m³（51 年度は異臭発生が少な

表Ⅱ-2-15 柴島浄水場 1 系における処理過程中的トリハロメタン

	塩素注入後時間	遊離塩素	残留塩素	クロロホルム (ppb)	CHCl ₂ Br (μV・S×10 ³)	CHClBr ² (μV・S×10 ³)
原水	0 (分)	0	0	0.5	—	—
塩素注入直後	1 "	2.0	2.4	11.9	31	—
硫酸ばんど注入前	6 "	1.8	2.4	15.9	49	—
硫酸ばんど注入後	7 "	1.6	1.8	16.1	50	—
混和池中央	35 "	1.6	1.8	19.5	80	3
混和池出口	60 "	1.4	1.6	21.6	102	4
沈でん池入口	80 "	0.75	0.85	33.1	167	9
第 1 整流壁	1.5 (時)	0.50	0.60	32.5	187	16
第 2 整流壁	2.5 "	0.45	0.55	39.1	219	15
沈でん池出口	3.5 "	0.15	0.25	43.5	231	16
ろ過水	4.2 "	0.35	0.45	44.5	268	23
浄水当日	14 "	1.0	1.1	46.9	272	18
浄水 2 日目	38 "	—	—	73.9	309	21
浄水 4 日目	86 "	—	—	79.5	352	21
浄水 7 日目	158 "	—	—	85.8	603	32

(注) ヘッドスペース分析法 (20℃) : 測定条件 A

原水濁度 28 度、色度 36 度 : 前塩素注入率 4.6 ~ 6.2 ppm、後塩素注入率 0.2 ~ 1.2 ppm
梶野 ; 水道協会雑誌 514 号 (和 52.7)

く0.54円/ m^3 ）、岩沼市は活性炭フィルターを別途に設置しているが、この場合薬品費として約3円/ m^3 （新炭、47年度）、施設の減価償却費及び電力費等を加えて3.5～4円/ m^3 （同）としており、給水原価が全国平均80円（51年）となっていることからみれば著しく大きいものとはいえない。

以上のような観点から行政上活性炭処理を強制することが必要であると考えられるものであり、そのための技術基準が必要である。

USEPAは7.5万人以上の水道に原則として粒状活性炭濾過（次の条件に適合するもの、又はこれと同様の効果を有する他の方法を含む）の設置を規定している。

- 1) 処理水中の揮発性有機ハロゲン化合物（トリハロメタンを除く）の濃度が0.5 μg / ℓ 以下であること。
- 2) 新しい粒状活性炭によるTOC除去率は50%を超えること。
- 3) 処理水のTOC値は新しい粒状活性炭を用いた時のTOC値を0.5 mg / ℓ 以上は超えないこと。

USEPAのとったこのような措置について、その行政的決断とそれに至るまでの一連の基礎的な調査研究成果については敬意と評価を与えるが、その技術的基準を考える場合次のような観点から行うことを主張したい。すなわち結論的にいえば活性炭処理の浄化機能とリンクするような指標、例えばCCEなどを用いて、これがある水準以上の場合に活性炭濾過を義務づけるような方策の方が合理性があるように見える。

合田博士らは水処理側と分析側を結びつける新指標の導入の必要性を提唱し、活性炭処理については、標準として白サギ活性炭のある粒度のものを選り、それにある状態で吸着される割合を新しい水質評価因子とし、例えば米国等で用いられているCCE、CAEなどはその一例であると述べている。

いいかえれば筆者としては、例えばCCEのような水質表示と浄水機能とが合理的に結びつく指標を用いて、これがある水準以上の場合に、活性炭処理を義務づけるような措置をとることが適当と考えるものである。今後このような方向で、その効用と意義を確認するための基礎的な調査研究を進め、具体的な設置条件、操作法などの技術上の基準化を図るべきことを強調したい。

(参考資料 A)

CHEMICAL INDICATORS OF INDUSTRIAL CONTAMINATION

INDUSTRIAL CHEMICALS

Benzene
Bis (2-chloroethyl)ether
Bis (2-chloroisopropyl)ether
Bromobenzene
4-Bromophenylphenyl ether
Carbon tetrachloride
Chlorinated Naphthalenes
Chlorobenzene
4-Chlorophenylphenyl ether
Chlorophenols
2-Chlorovinyl ether
○Dichlorobenzenes
Dichlorodifluoromethane
1,1-Dichloroethane
1,2-Dichloroethane
1,1-Dichloroethene
1,2-Dichloroethene
Dichloromethane
1,2-Dichloropropane
1,3-Dichloropropene
Dinitrotoluenes
Ethylbenzene
Hexachlorobenzene
Hexachlorobutadiene
Hexachlorocyclopentadiene
Hexachloroethane
Nitrobenzene
Phthalate esters
Polychlorinated biphenyls
Propylbenzene
Styrene
1,1,2,2-Tetrachloroethane
Tetrachloroethylene
Toluene
○Trichlorobenzenes
1,1,1-Trichloroethane
1,1,2-Trichloroethane
Trichloroethylene
Trichlorofluoromethane
Vinyl Chloride
Xylenes

PESTICIDES

Aldrin
Atrazine
Chlordane
DDD, DDE, DDT
Dieldrin
Endrin
Heptachlor
Heptachlor epoxide
Kepone
Lindane and Hexachlorocyclohexanes
○Pentachlorophenol
Toxaphene

POLYNUCLEAR AROMATIC HYDROCARBONS

3,4 Benzo(a)fluoranthene
1,12 Benzoperylene
11,12 Benzo(a)fluoranthene (Benzo(K)
Fluoranthene)
Benzo(a)pyrene
Fluoranthene
Indeno(1,2,3-cd)pyrene

- (註) 1) USEPA: National Interim Primary Drinking Water Regulation
(1978年2月)による月1回検査義務項目
2) ○は全国有機物質監視調査において数ppbレベルで最も広く検出されたと指摘している
項目

(参考資料 B)

表 B-1 朝霞浄水場原水の塩素処理による低沸点有機塩素化合物の生成

塩 素 注 入 量		8 ppm		9 ppm		10ppm		
ク ロ ロ ホ ル ム	塩 素 接 触 時 間 (h r)	1	24	1	24	1	24	
	遊 離 型 残 留 塩 素 (ppm)	1. 0	0. 7	2. 0	1. 3	3. 0	2. 0	
	CHCl ₃ 測 定 値 (ppb)	1	7. 1	16. 7	10. 1	18. 2	10. 8	18. 4
		2	7. 1	16. 7	10. 1	17. 5	10. 8	20. 6
		3	8. 0	16. 7	10. 7	16. 7	10. 1	19. 1
平 均 (ppb)		7. 4	16. 7	10. 3	17. 5	10. 6	19. 4	
塩 素 注 入 量		8 ppm		9 ppm		10 ppm		
ジ ク ロ ル ブ ロ ム メ タ ン	塩 素 接 触 時 間 (h r)	1	24	1	24	1	24	
	遊 離 型 残 留 塩 素 (ppm)	1. 0	0. 7	2. 0	1. 3	3. 0	2. 0	
	CHCl ₂ Br 測 定 値 (ppb)	1	1. 5	4. 7	2. 5	5. 4	3. 2	5. 6
		2	1. 7	4. 8	2. 5	5. 1	3. 3	5. 4
		3	1. 6	4. 7	2. 6	5. 1	3. 2	5. 6
	平 均 (ppb)		1. 6	4. 7	2. 5	5. 2	3. 2	5. 5
塩 素 注 入 量		8 ppm		9 ppm		10ppm		
1.1.1.2 テ ト ラ ク ロ ル エ タ ン	塩 素 接 触 時 間 (h r)	1	24	1	24	1	24	
	遊 離 型 残 留 塩 素 (ppm)	1. 0	0. 7	2. 0	1. 3	3. 0	2. 0	
	1. 1. 1. 2 CH ₂ ClCCl ₂ 測 定 値 (ppb)	1	0. 6	2. 8	0. 7	3. 9	0. 9	3. 8
		2	0. 6	3. 0	0. 7	3. 7	0. 9	3. 9
		3	0. 6	2. 9	0. 8	3. 7	0. 9	3. 9
平 均 (ppb)		0. 6	2. 9	0. 7	3. 8	0. 9	3. 9	

(注) 分析機関；国立公衆衛生院

表B-2 各原水の塩素処理により

試料採取地 水 系	供 試 水	塩素注入量 (ppm)	塩素処理 時 間 (hr)	遊 離 型 残留塩素 (ppm)	塩素処理による		
					CHCl_3	CH_2Cl_2	CCl_4
小雀浄水場 相模川系	原 水	0	—	—	0	0	0
	〃	5.0	1	1.5	4.0	0.08	0.003
	〃	5.0	24	1.0	6.0	0.07	0.003
西谷浄水場 相模湖系	原 水	0	—	—	0	0.03	0
	〃	2.0	1	1.6	2.8	0.03	0.002
	〃	2.0	24	1.2	3.7	0.04	0.002
西谷浄水場 道志川系	原 水	0	—	—	0.4	0.05	0.004
	〃	1.5	1	1.1	2.5	0.03	0.033
	〃	1.5	24	0.9	3.3	0.04	0.010
長沢浄水場 相模湖系	原 水	0	—	—	0	0.26	0
	〃	3.0	1	1.2	2.5	0.17	0.002
	〃	3.0	24	0.8	3.3	0.14	0.002
生田浄水場 第二着水井 地 下 水	原 水	0	—	—	0	0.71	0
	〃	2.0	1	1.7	1.7	0.32	0.001
	〃	2.0	24	1.1	1.4	0.25	0.003
砧浄水場 伏流水	原 水	0	—	—	0	1.72	0.058
	〃	1.5	1	0.9	9.0	0.51	0.016
	〃	1.5	24	0.7	9.3	0.49	0.008
多摩川表流水 二子橋付近	原 水	0	—	—	—	0.53	0
	$\frac{1}{4}$ 希釈水	11.0	1	1.2	14.0	0.44	0.012
	〃	11.0	24	0.8	14.8	0.32	0.012

生成される低沸点有機塩素化合物

低沸点有機塩素化合物の生成量 (ppb)						T.T.H.M ($\mu\text{g}/\text{l}$)	T.T.H.M ($\mu\text{M}/\text{l}$)
$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$	CHCl_2Br	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	$\text{1.1.1.2CH}_2\text{ClCCl}_3$	CHClBr_2	CHBr_3		
0.5	0	0.04	0.2	0.15	0	—	—
0.5	0.9	0.09	0.3	0	0	4.9	0.039
0.5	1.2	0.07	0.6	0	0	7.2	0.057
0	0	0	0.2	0	0	—	—
0	0.4	0.03	0.2	0	0	3.2	0.025
0.05	0.7	0.03	0.2	0	0	4.4	0.035
0.05	0.01	0.06	0	0	0	—	—
0.15	0.12	0.05	0	0	0	2.62	0.022
0.20	0.60	0.06	0	0	0	3.9	0.032
0.50	0	0	0.2	0	0	—	—
0.45	0.48	0.05	0.1	0	0	2.98	0.024
0.35	0.76	0.04	0.1	0	0	4.06	0.033
1.45	0	0.87	0	0.15	0	—	—
0.50	0.40	0.33	1.0	0.05	0.3	2.15	0.016
0.45	0.66	0.24	1.9	0	0.9	2.96	0.016
0.55	0	2.74	0	0	0	—	—
0.20	0.28	1.73	0.7	0	0	9.28	0.077
0.20	0.52	1.50	1.3	0	0.3	10.12	0.081
0.80	0	1.75	0	0	0	—	—
0.60	1.84	0.88	2.0	0	0	15.84	0.128
0.40	3.04	0.68	2.4	0	0	17.84	0.143

試料採取地 水 系	供 試 水	塩素注入量 (ppm)	塩素処理 時 間 (ppm)	遊 離 型 残留塩素 (ppm)	塩素処理による		
					CHCl_3	1.1.1 CH_3CCl_3	CCl_4
霞ヶ浦 表層水 潮来	原 水	0	—	—	0	0	0
	〃	4.0	1	1.1	2.4	0	0.014
	〃	4.0	24	0.7	3.4	0	0.014
霞ヶ浦 表層水 牛堀	原 水	0	—	—	0	0	0
	〃	3.0	1	1.3	0.6	0	0
	〃	3.0	24	0.8	2.0	0	0
北海道 石狩泥炭地水 角 山	原 水	0	—	—	0	0	0
	〃	2.4	1	1.4	36.7	0	0.042
	〃	2.4	24	0.9	38.1	0	0.068

(注) 1) 分析機関；国立公衆衛生院

2) T.T.H.MはTotal Tri-Malo-Methane = $\text{CHCl}_3 + \text{CHCl}_2\text{Br} + \text{CHClBr}_2$

参考 水道水から検出された

試料採取地	採取年月日	CHCl_3	1.1.1 CH_3CCl_3	CCl_4	$\text{CHCl} = \text{CCl}_2$
浅香山浄水場 給 水 栓	53. 1. 24	9.	0.16	0.086	0
北海道江別市 江北浄水場給水栓	53. 1. 22	15.5	0	0.103	0
国立公衆衛生院 給 水 栓	52. 1. 30	9.2	0	0.170	0.3

低沸点有機塩素化合物の生成量 (ppb)						T.T.H.M	T.T.H.M
$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$	CHCl_2Br	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	$\text{1.1.1.2CH}_2\text{ClCCl}_3$	CHClBr_2	CHBr_3	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{M/l}$)
0	0	0	0	0	0	—	—
0	2. 8	0. 1	2. 3	0	0	5. 2	0. 034
0	4. 3	0. 1	4. 0	0	0	7. 7	0. 054
0	0	0	0	0	0	—	—
0	2. 3	0	1. 5	0	0	2. 9	0. 019
0	3. 6	0. 4	2. 8	0	0	5. 6	0. 039
0	0	0	0	0	0	—	—
0	5. 0	0. 05	0	—	—	41. 7	0. 338
0	5. 7	0. 27	0	—	—	43. 8	0. 354

+ CHBr_3

低沸点難機塩素化合物

(単位: ppb)

$\text{CHCl}=\text{Br}$	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	$\text{1.1.1.2CH}_2\text{ClCCl}_2$	CHClBr_2	CHBr_3
2. 08	0. 64	0	—	—
2. 94	0. 15	0. 6	—	—
6. 9	1. 19	2. 6	—	—

第3節 浄水場排水・汚泥の処理・処分の現状と今後の課題

水質汚濁防止法施行令の改正により、浄水能力1万 m^3 /日以上上の浄水場の「沈でん施設」及び「ろ過施設」が「特定施設」として指定され、これらの施設を備えた浄水場からの排水は、当該水域にかかる排水基準を守らなければならなくなった。そのため、沈澱池に堆せきしたスラッジや戸過池の洗浄排水を主体とする浄水場排水をそのまま河川等に放流することができなくなり、何らかの処理を行うことによって排水基準をクリアしなければならず、ここに新たな浄水場排水処理の問題が生じた。

わが国における浄水場の排水処理に関する技術の歴史は極めて浅く、実施規模ではわずかに数十年に過ぎない。

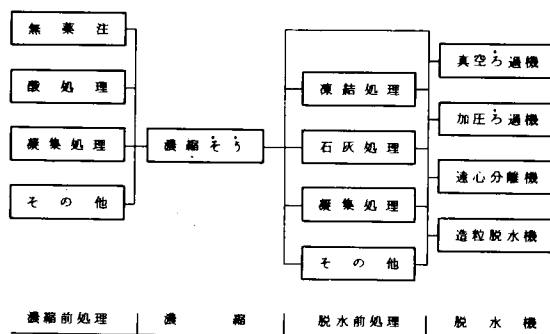
即ち、排水処理施設としての脱水施設が設置されたのは、昭和39年、東京都東村山浄水場が最初のものである。この場合は、浄水場の立地条件から、浄水場排水を放流する河川が小河川のため河川管理者から放流を禁止され止むなく排水処理を行うこととなったものである。当時考えられる各種の脱水方式が検討され結局、硫酸処理→濃縮→石灰処理→真空戸過機による脱水という方式が採用された。

その後、加圧戸過機や造粒脱水機の開発、更に乾燥処理、焼成処理など機械による脱水技術の開発が進められてきた。

スラッジの濃縮性の向上や脱水性の改善のための前処理法に関する研究も進められ、高分子凝集剤の適用等実用化されたものもある。一方、当初有効と考えられた前処理法も、運転管理上からの問題が顕在化し、採用例が少なくなったものもある。

現在採用されている主な処理方式は次のとおりである。

図Ⅱ-3-1 脱水前処理と脱水機の組み合わせ



(注) 日本水道協会；水道施設設計
指針・解説による。

表II-3-1 前処理方式の特性

	酸処理	石灰処理	高分子凝集剤処理	アルカリ処理	熱処理	凍結融解処理
使用薬品	硫酸	消石灰 石灰	高分子凝集剤	カセイソーダ	—	—
脱水性の向上	—	大	大	—	中 (有機性スラッジの場合)	大
脱水機種	—	真空ろ過 加圧ろ過 加圧搾ろ過	遠心分離 造粒脱水	—	真空ろ過 遠心分離	真空ろ過 遠心分離
脱水ろ液等の性状	おおむね清澄 pH 低い	清澄 pH 高い	清澄 高分子凝集剤残留	おおむね清澄 pH 高い	不良	良好
脱水ろ液等の処理	再生ばんどとして 再利用又は pH 調整後河川 放流	アルカリ剤として 利用又は pH 調整後返送か河 川放流	濃縮そうへ返送 濃縮そう上澄水は 河川放流	アルカリ剤として 利用又は pH 調整後返送か河 川放流	排水池等へ返送	原水として再利 用又は河川放流
ケーキの力学的性質 (無処理と比較して)	不良	良好	良好	不良	普通	良好
固形物量の増減	減少	増加(15~50%)	不変	減少	不変	不変
処分上の問題点	pH 低い	pH 高い	高分子凝集剤を含有	pH 高い		

注) 酸処理は、濃縮前処理であって石灰処理等と組み合わせて使用される。また、アルカリ処理、熱処理は今のところ実用化されていない。(厚生省:浄水場排水処理施設の手引き、昭和48年5月を一部修正)
水道施設設計指針・解説(1977)

表II-3-2 各種脱水機の種類と特性

	真空ろ過機	加圧ろ過機		遠心分離機	造粒脱水機
		加圧ろ過機	加圧・圧搾ろ過機		
使用されている形式	ベルト形が多用されている	横形	縦形	デカンター形が一般的である	ドラム形
脱水機構	減圧ろ過 ($-0.3 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$)	給てい圧力(5~6 kg/cm^2 によるろ過)	給てい圧力(3~5 kg/cm^2)と圧搾(10 ~15 kg/cm^2)によるろ過	遠心分離による固液分離(1500~3000 G)	凝結したスラッジの重力による水の分離
給てい方法	連続	間欠	間欠	連続	連続
適用比抵抗値	$10^9 \sim 10^{11} \text{ m/kg}$	$10^{10} \sim 10^{11} \text{ m/kg}$	$10^{11} \sim 10^{13} \text{ m/kg}$	—	—
脱水面積当たりの処理能力	大	小 脱水面積を大きくすることで対処	中	大	大
前処理	石灰 酸処理後石灰 凍結融解	石灰、酸処理後石灰 (高分子凝集剤)	石灰、酸処理後石灰 (高分子凝集剤)	高分子凝集剤 凍結融解	高分子凝集剤 (水ガラスを加える場合もある)
ケーキ含水率	60~80%	55~70%	45~65%	60~80%	65~80%
分離液の性状	おおむね清澄	清澄	やや不良	前処理いかんによる	清澄 高分子凝集剤残留
その他	スラッジ性状による影響大		スラッジ性状によつては前処理を必要としない場合もある	乾燥、焼成の工程が必要の場合もある	スラッジ濃度が低くても使用できる。 乾燥、焼成の工程が必要の場合もある。

注) 含水率については、ケーキ性状がそれぞれ異なるので、いちがいに数値だけで優劣をきめられない。
(和田ほか:施設計画、水道協会雑誌 昭和48年7月を一部修正)
水道施設設計指針・解説

Ⅱ－３－１ 排水処理の現状と問題点

(1) 排水処理方式

浄水場の排水処理とそれに伴うスラッジの脱水処理技術は、実施設としては十数年の歴史しかない。そのため処理技術はもちろんのこと、それに関連する理論体系も未だ確立されていないのが現状である。

このような現状下にあつて、法律により一定規模以上の浄水場は排水処理施設の設置を義務づけられたわけであるが、その計画、設計の指針となるものは、厚生省がまとめた「浄水場排水処理の手引き」（昭和４７年）及び日本水道協会が作成した「浄水場排水処理施設設計指針解説」（昭和５０年）であつた。

水質汚濁防止法に基づく排水規制が、浄水場からの排出水に課せられ（新設は昭和５１年６月１日、既設浄水場は昭和５２年６月１日）てから、少くとも半年余を経過した現在、未だ整備の遅れている浄水場も見うけられる。

昭和５２年の厚生省調査によれば、浄水場の規模別の排水処理方式は表Ⅱ－３－３のとおりである。

表Ⅱ－３－３ 浄水場規模別排水処理方式

厚生省調査（昭５２）

規 模 処理方式	1万 m^3 /日以下		1～5万 m^3 /日		5～10万 m^3 /日		10～50万 m^3 /日		50万 m^3 /日以上		計	
	カ所数	比 率 %	カ所数	比 率 %	カ所数	比 率 %	カ所数	比 率 %	カ所数	比 率 %	カ所数	比 率 %
自然乾燥方式	7 (6)	(50)	94 (73)	(43)	19 (15)	(31)	8 (6)	(15)			128 (100)	(35)
機械脱水方式	5 (3)	(36)	76 (44)	(35)	35 (20)	(58)	43 (25)	(74)	13 (8)	(100)	172 (100)	(47)
真 空 汙 過			6 (60)	(3)	2 (20)	(3)	1 (10)	(2)	1 (10)	(8)	10 (100)	(3)
加 圧 汙 過	3 (3)	(21)	40 (36)	(18)	25 (23)	(42)	33 (30)	(57)	10 (9)	(76)	111 (100)	(31)
遠 心 分 離	2 (5)	(14)	27 (69)	(14)	7 (18)	(12)	3 (8)	(5)			39 (100)	(11)
造 粒 脱 水			3 (25)	(1)	1 (8)	(2)	6 (50)	(10)	2 (17)	(16)	12 (100)	(3)
非自己処理方式	1 (3)	(7)	26 (70)	(12)	4 (11)	(7)	6 (16)	(10)			37 (100)	(10)
他の浄水場へ			16 (73)	(7)	3 (14)	(5)	3 (14)	(5)			22 (100)	(6)
下 水 放 流	1 (7)	(7)	10 (67)	(5)	1 (7)	(2)	3 (20)	(5)			15 (100)	(4)
そ の 他	1 (4)	(7)	22 (85)	(10)	2 (8)	(3)	1 (4)	(2)			26 (100)	(8)
計	14 (4)	(100)	218 (60)	(100)	60 (17)	(100)	58 (16)	(100)	13 (4)	(100)	363 (100)	(100)

全体でみると、機械脱水方式を採用している例が最も多く（４７％）、次いで自然乾燥方式となっている。機械脱水方式の内訳では、加圧滲過方式によるものが圧倒的に多く（機械脱水方式中の６５％）、次いで遠心分離、造粒脱水、真空滲過の順となっている。これをみても、脱水ケーキの含水率が低くなる方式の採用例が多く、わが国で最初に用いられた真空滲過が現在ではあまり用いられていないことが判る。

また、他の浄水場と共同で処理したり、下水道に放流したりして当該浄水場で処理を行っていない浄水場も全体の１０％を占めている。

次に浄水場の規模と排水処理の関係をみると次の様な特徴がある。

この調査の対象となった浄水場では、１万 m^3 /日～５万 m^3 /日の規模のものが全体の６０％と最も多くなっている。

自然乾燥方式は、１万 m^3 /日～５万 m^3 /日の浄水場が最も多いが、５万 m^3 /日～５０万 m^3 /日の規模のところでもかなり採用されている。そのうち真空滲過は１万 m^3 /日～５万 m^3 /日が最も多く、加圧滲過は浄水場の規模にかかわらず採り入れられている。遠心分離は５万 m^3 /日以下で大部分を占めているが、造粒脱水は１０万 m^3 /日以上の大規模浄水場で多く採用されている。

非自己処理方式は、５万 m^3 /日以下の浄水場で行われている例が多い。

以上のことから概括すると、

- ① ５万 m^3 /日以下の中小規模浄水場では、自然乾燥方式と機械脱水方式はほぼ同様に採用されており、共同処理や下水放流を行っているものも多い。
- ② ５万 m^3 /日～５０万 m^3 /日の比較的規模の大きな浄水場では、機械脱水方式を採用しているものが圧倒的に多い。
- ③ ５０万 m^3 /日以上の大規模浄水場ではすべて機械脱水方式を採用している。

(2) 排水処理に関する問題点

1) スラッジの量と質

排水処理の対象となるものは：①沈澱池から排出されるスラッジ（以下、沈澱スラッジという）、②滲過池の洗浄排水、③滲過池の削り砂の洗砂排水、④排水処理施設からの排水、⑤浄水場内で発生する雑排水などである。

このうち沈澱スラッジは、ＳＳ量が最も多く、河川放流等に支障を来すため脱

水施設等による処理の対象となる。

戸過池の洗浄排水は、水源事情の良好な所を除き、着水井等に返送されて循環利用される例が多い。排水処理の対象とする場合でも沈降分離されたスラッジのみの場合が一般的である。

緩速戸過池の削り砂の洗砂排水量が少ないため、それ程問題にはならないが、東京都砧浄水場の場合には、造粒脱水を行った後自然乾燥を行っている。

排水処理の対象となるスラッジは、浄水処理によって除去されるSS量が主体となる。そのため原水中のSS量の把握は欠くことができないが、原水中のSS量を測定している例は少なく、濁度からSS量を推定している場合が殆んどである。

一般に、薬品沈澱方式を採用し、凝集剤として液体硫酸ばんどを使用した場合のスラッジ量は次式によって算定される。

$$S = Q \times \left(\alpha (T - t) + \beta \cdot d \cdot m \frac{2Al(OH)_3 \text{の分子量}}{Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O \text{の分子量}} \right) \times 10^{-6}$$

ここに S：スラッジの乾燥重量

α ：係数

T：原水濁度

t：沈澱水濁度

β ：硫酸ばんど注入率

d： " の比重

m： " の濃度

実際に浄水場で使っているスラッジ量の推定方法を例示すると表Ⅱ－3－4のとおりである。

表Ⅱ－3－4 スラッジ量の推定方法

係数一定型	α	浄水場名
($s = \alpha T$)	1. 0	呉、大久保（埼玉県） 犬山・大谷（愛知県）
	1. 2	阿賀野川（新潟）

1. 3 乙金（福岡）、ツバメ
1. 4 新津
1. 5 村野、庭窪（大阪府）、宇治（京都）
1. 7 豊野（大阪市）

係数変動型 ($s = \alpha' T$)	季節 浄水場 T	5月～10月		11月～4月	
		柴島	庭窪	柴島	庭窪
	$T < 10$	1.8	2.0	1.5	1.8
	$T < 20$	1.4	1.6	1.3	1.5
	$30 < T$	1.4	1.5	1.2	1.4

$T < 50$	$\alpha' = 1.0$	緑井・牛田（広島）
$T > 50$	$s = 1.76 T - 38$	
平常時	1.0	茂庭（仙台）
高濁時	1.2	
$T < 10$	$\alpha = 1.84$	小雀（横浜）
$10 < T < 30$	$\alpha = 1.83$	
$30 < T$	$\alpha = 1.45$	

このように

$$S = Q \cdot \alpha T \cdot 10^{-6}$$

型が殆んどである。その中でも大部分の浄水場で、年間を通じて α を一定としている。

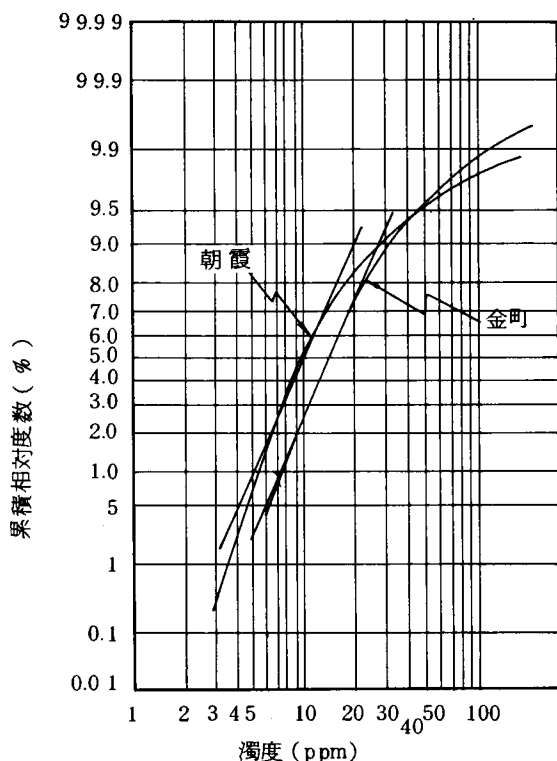
浄水場の規模がある程度以上になると、排水処理施設の運転管理の上からも、より正確なスラッジ量を把握する必要が生じ、推定方法の検討がなされている。その結果、仙台市の茂庭浄水場や横浜市の小雀浄水場では、原水の濁度によって係数 α を変えており、更に大阪市の柴島浄水場や庭窪浄水場では、原水濁度の外に、季節によって濁質が変ることから、その要因も加えた推定方法を採用している。また東京都では、原水濁度、凝集剤注入率とSS量との関係を実験によって求め、一次回帰式を当てはめて用いている。この場合も原水濁度によって係数を変化させている。

ここで排水処理の計画、運転に際し問題となる事項について考察する。

i) 原水の平均濁度

処理施設計画に使用する「年平均濁度」を求める場合、年間の濁度変化が小さい場合には、算術平均による濁度を使用しても大きな誤差は生じないが、河川水を水源とする場合には、台風や集中豪雨などによって高濁度が発生し易く、場合によっては数百度から千度以上にも達することがある。このようなデータをそのまま算術平均した場合には実状にそぐわない値が出ることになり、施設設計が過大となることもある。そのような不合理を避けるため、濁度の生起確率分布を求め、累積相対度数が、一定値以上となる時の濁度をもって設計濁度とする方法が用いられている。

図Ⅱ-3-2 原水濁度確率図



(註) 土木学会「汚泥処理上からみた合理的浄水方法に関する研究 - 昭和50年度報告

ii) 高濁の影響と排水処理

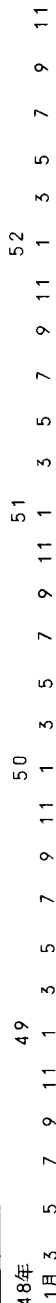
台風等によって原水濁度が急激に増加し、これを取水した場合には、発生スラッジ量はぼう大な量となる。

図Ⅱ-3-3は表流水を水源とする東京都朝霞浄水場、図Ⅱ-3-4は主に貯水池水を水源とする同東村山浄水場の流入スラッジ量の想定図である。

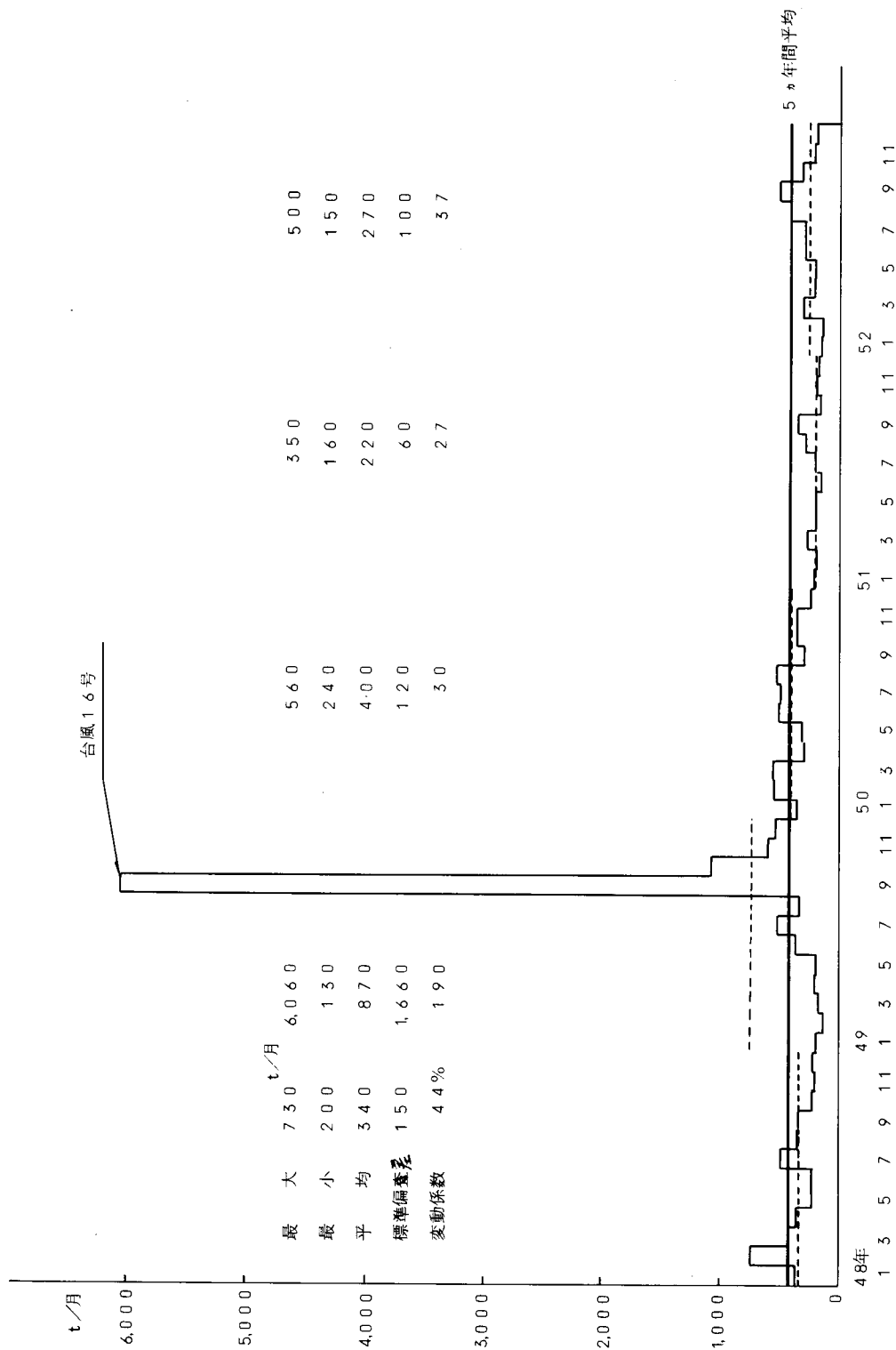
図Ⅱ-3-3において、昭和49年には7月と9月の2回、台風による影響を受け原水濁度が大きく上昇した。これが仮に前年並であったとすれば、台風によるスラッジ量の増加は7月で12,200t、9月で14,700t、合計26,900tとなり49年の年間流入スラッジ量の67%を占めることになる。

図Ⅱ-3-4における昭和49年のピークは、一部表流水を取水したため、台風

台風16号



図II-3-4 流入スラッジ量の変動（貯水池水）



による影響をもろに受けたためである。このピークを除けば年間の変動係数は20～40%程度と安定した流入スラッジ量となっている。

以上のように高濁度の原水を取水した場合の流入スラッジ量は予想外に多く、排水処理に与える影響は大きい。特にクローズドシステムを採用している浄水場では、後述のように沈殿池内にスラッジを計画量以上貯留させ浄水処理に悪影響を及ぼしたり、排水処理施設に過剰負荷をかけることになるので、高濁時への対策は、排水処理の計画時から十分検討する必要がある。

2) スラッジの性状

水道水源には、河川表流水、湖沼水、貯水池水、伏流水、地下水等があり、これら水源の相違により濁質の性状が異なり、スラッジ性状や脱水ケーキの性状も変ってくる。一般に、貯水池や湖沼を水源とする場合には、比較的大きい粒子が、停滞水域で除去されるため、原水中の濁質は微細粒子が多くなる。また藻類等の生物が発生しやすく、有機質が比較的多いため、スラッジの濃縮性、脱水性に悪影響を及ぼす場合が多い。

主な水系におけるスラッジの性状を表Ⅱ-3-5に示す。

表Ⅱ-3-5 スラッジの性状

(単位: %)

水系名	木	曾	川	酒匂川	荒 川	信濃川	吉野川	多摩川
浄 水 場	A (伏山)	B (大谷)	C (上野)	D (小田原)	E (朝霞)	F (青木)	G (綾川)	H (東村山)
強熱減量	22.72	23.00	18.43	13.24	16.51	17.02	43.6	16.61
SiO ₂	39.20	39.19	44.41	39.80	49.47		28.6	46.52
Al ₂ O ₃	28.13	28.81	27.05	23.32	19.13	11.53	22.0	22.32
Fe ₂ O ₃	4.65	4.18	4.86	7.60	8.18	4.93	2.68	6.77
CaO	0.92	1.19	0.75	3.76	2.02	0.65	0.39	1.17
MgO	0.76	0.50	0.73	3.61	1.99	1.44	0.38	2.08
K ₂ O	1.78	1.29	1.97	0.45	1.67			1.64
Na ₂ O	0.83	0.53	0.90	1.60	1.31			1.15
P ₂ O ₅	0.50	0.29	0.34	0.73				
出 典	(土木学会)	(")	(")	(水協誌)	(")	(土木学会)	(")	(水協誌)

スラッジの化学的組成についてみると、ケイ酸は吉野川を除けば、40%前後となっている。アルミニウムは凝集剤として注入されたものがスラッジ中に移行するためかなり高い構成比を示す。信濃川を除けば20数%と差はない。鉄は荒川、多摩川、酒匂川で大きい値を示している。荒川、多摩川を水源とする浄水場では再生ばんどうを用いた処理を行っているためその影響も含まれていると思われる。

強熱減量は西日本の河川の方が東日本のそれより高い値を示している。

重金属の存在についてまとめたものが表Ⅱ-3-6である。

表Ⅱ-3-6 自然界及びスラッジ中の重金属

(単位: ppm)

	地 盤		土 壤		河川底泥	浄水場沈澱スラッジ
カドミウム	0.2	0.2	0.01~0.7 (0.06)	0.4~15.4 (2.44)	1.8~2	0.65~2
鉛	13	15	2~200 (10)	27~271 (76)	47~76	39~97
クロム	100	200	5~3,000 (100)	59.2~471 (113)	42.5~198	102~522
ヒ素	1.8	2	0.1~40 (6)	1.12~68.3 (3.54)	2.9~11.2	18.8~37.5
水銀	0.08	0.5	0.01~0.3 (0.03)	0.12~1.26 (0.36)	0.17~0.31	0.19~0.59
亜鉛	70	65	10~300 (50)	87~1,170 (365)	-	-
銅	55	45	2~100 (20)	42~286 (111)	-	-
鉄	-	50,000	-	-	35,000~38,400	37,900~58,700
マンガン	-	1,000	100~4,000 (850)	480~1,800 (1,000)	1,300~2,400	3,600~12,200
摘 要	Mason (1966)	喜田村正次 (1976)	Swain (1955) ()内は平均値	東京都内の土 壤 (都公害局)	(荒川)	(朝霞浄水場)

次に、濃縮性、脱水性等に関連するスラッジ性状のうち粒径分布についてみてみると、表Ⅱ－３－７に示すとおり水系によって大きな違いがある。

表Ⅱ－３－７ 粒度分布と排水処理方式

浄水場名	A (朝霞)	B (東村山)	C (名古屋)	D (広島)	E (つばめ)
砂分 ($74\mu\sim2,000\mu$)	1	1	5	9	10
シルト分 ($5\mu\sim74\mu$)	56	26	90	63	53
粘土分 (5μ 以下)	43	73	5	28	37
	(水協誌)	(“ ”)	(土木学会)	(“ ”)	(“ ”)
排水処理方式	酸処理 石灰処理 加圧ろ過 真空ろ過	同左	石灰処理 加圧ろ過	加圧ろ過	凍結融解処理 真空ろ過

浄水場A及びBのスラッジは、砂分が殆んどなく、シルト分、粘土分が主体となっており、沈降・濃縮性が悪い。そのため濃縮性改善のための前処理施設を必要とする。一方D及びE浄水場においては砂分が10%程度を占めており比較的処理しやすいスラッジとなっており、濃縮性や脱水性を改善するための前処理も必要としない場合もある。

以上のようにスラッジの性状、特に濃縮性、脱水性の面から見た性状は、排水処理方式選定に際してもっとも重要となるので、十分なデータをもとに検討する必要がある。

3) 脱水ケーキの性状

i) 化学的性状

浄水場で発生するケーキは、沈でんスラッジを主体としていることから判っており、無機性のものである。

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」上は、産業廃棄物としての扱いを受け、無機性汚でいに係る規制を受けている。廃棄物処理法に基づく有害物質の検定方法によるケーキの分析結果は、表Ⅱ－３－８のとおり、いずれの浄水場においても基

準値を下まわっており、問題のないケーキ性状となっている。

表Ⅱ-3-8 脱水ケーキの性状-1

(単位: ppm)

	A (大阪市 柴島)	B (大阪市 庭窪)	C (京都 宇治)	D (広島市 緑井)	E (埼玉 庄和)	F (桐生)	G (東京 金町)	有害な産業 廃棄物に係 る判定基準 を定める総 理府令によ る基準
アルキル 水 銀	不検出	不検出	分析せず	—	0.000	不検出	0.000	検出されないこと
水 銀	0.000	0.000	0.0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005以下
カドミウム	0.00	0.00	0.005以下	0.00	0.001	0.00	0.000	0.3 以下
有機リン	0.0	0.0	不検出	—	0.00	不検出	0.00	1 以下
6価クロム	0.00	0.00	0.02以下	0.00	0.00	0.00	0.00	1.5 以下
ヒ 素	0.002	0.001	0.009	0.00	0.00	0.025	0.000	1.5 以下
シ ア ン	0.00	0.00	0.025以下	0.00	0.00	0.00	0.00	1 以下
P C B	0.000	0.000	不検出	0.000	0.000	不検出	0.000	0.003以下
鉛	0.00	0.00	0.05以下	0.00	0.00	0.00	0.00	3 以下

(環境庁告示第13号による検定方法)

ケーキ性状は、スラッジ性状はもちろん、濃縮性の改善や脱水性の向上等のために添加された薬品の性状や量に左右される。ケーキの処分上の問題をできるだけ小さくするためには、何ら薬品を加えない、いわゆる無薬注方式が望ましいが、先に述べたように、濃縮性や脱水性の悪いスラッジは何らかの前処理を必要とするので、このような場合にも、ケーキの性状に悪い影響を与えないよう十分検討しなければならない。

表II-3-9 脱水ケーキの性状-2

水系名 浄水場	荒 川 A (朝霞)	筑後川 B (久留米)	淀 川 C (京都)	相模川 D (小雀)	酒匂川 E (小田原)
Ig-loss	22.48	17.07	29.6	14.64	19.4
SiO ₂	31.74		26.4	31.20	31.2
Al ₂ O ₃	12.60	19.17	19.3	14.81	15.6
Fe ₂ O ₃	6.29	5.24	3.06	6.77	5.89
CaO	18.00	0.73	16.3	21.35	19.9
MgO	0.86	0.67	0.84	3.69	3.69
K ₂ O	0.95		0.17	1.05	0.66
Na ₂ O	0.69		0.04	1.00	1.65
P ₂ O ₅			1.13	1.17	
SO ₃	5.61		0.73		
	(水協誌)	土 木	(")	(")	(水協誌)

現在前処理としては石灰添加処理が脱水性改善方法として広く採り入れられている。石灰処理を行った場合の脱水ケーキは、pH値が高く、処分上若干の問題を含んでいる。石灰処理に伴うケーキの高pH問題に対処するためpH調整用薬品を添加する施設を設けた例があるが、脱水性が大幅に低下してしまうため、実運転は行われていない。石灰に代わるものとしてフライアッシュ等の検討も行われたが、現状では満足のいく結果は得られていない。

処分を容易にするためにも、濃縮性、脱水性の改善のための研究を強力に進める必要がある。

ii) 土質的性状

ケーキの処分上の問題や、処分後の跡地利用の問題等を検討する上で、ケーキの土質的性状を把握しておく必要がある。しかし、いくつかの浄水場を除き把握されていないのが実状である。

ケーキ処分の際の運搬、埋立の場合の巻出し方法等を検討する場合や、跡地利用形態によっては地盤改良の必要が生じた場合などは、ケーキの土質工学的性状が重要な判断資料となる。

排水処理方式の相違によるケーキの土質的性状を表Ⅱ－３－１０に行す。

表Ⅱ－３－１０ 脱水、乾燥ケーキの土質的性状(例)

項 目	関東ローム山 (地)	A 浄水場 (酸処理、石灰添加)	B 浄水場 (ポリマー、粒状乾燥)	C 浄水場 (無処理)	D 浄水場 (凍結)
水分%	0	0	0	0	0
粒砂 分%	15~35	0	6.5	1.0	3
度シルト 分%	30~40	26~61	43.5	22.0	60
粘土 分%	40~45	38~73	50.0	77.0	37
自然含水比%	80~150	100~130	100~108	113.4	100.1
液性限界%	50~150	135~145	137~140	120.2	147.7
塑性指数%	30~70	60~75	64~70	58.0	58.4
単位体積重量 g/cm^3	1.3~1.45	1.3~1.35	1.1~1.25	1.34	1.35
一軸圧縮強さ kg/cm^2	(0.2~1.0) 0.5~2.5	0.05~0.4	1.39	1.66~2.23	0.49
三軸粘着力 kg/cm^2	(0~0.3) 0.2~0.6	0.05~0.2	0~0.44	0.36	0.21
軸内部摩擦角(度)	(20~30) 5~17	20~30	22~25	23	9.5
透水係数 cm/sec	($10^{-5} \sim 10^{-7}$) $10^{-2} \sim 10^{-4}$	$10^{-4} \sim 10^{-7}$	($10^{-5} \sim 10^{-7}$) $10^{-2} \sim 10^{-2}$	4.66×10^{-7}	6×10^{-7}
許容支持力 t/m^2	10~15	6(改良後)	5~7	—	—

(出) 千葉 ; 「浄水場の排水処理」水道協会雑誌 No.500

(3) ケーキの処分

排水処理方式、特に脱水方法の選定に当っては、ケーキの処分方法、処分地の条件等から検討することとされているが、現実には十分な配慮が払われているとはいえない。

処分の現状は表Ⅱ－３－１１のとおりで、調査対象浄水場の半数以上が自己保有地に処分している。4分の1が業者委託で処分場の確保も業者まかせになっている。

ケーキ処分の主体となっている内陸埋立処分は、今後用地の確保等困難性がますます増大することは明らかで、特にケーキが大量に発生する大規模浄水場においては、周辺地域に埋立処分用地を求めることは至難にならざるを得ない。そのため従来のような処理方式では対処しきれなくなる場合が多くなることが考えられ、処分をどう行いかを十分検討した上で、それに見合うケーキをつくるための処理方式を採用しなければならなくなる。

表Ⅱ－３－１１ ケーキ処分

浄水場規模 形態	1万 m^3 /日以下	1万 m^3 /日 ～5万 m^3 /日	5万 m^3 /日 ～10万 m^3 /日	10万 m^3 /日 ～50万 m^3 /日	50万 m^3 /日 以上	計
自己保有地	9	98	30	20	7	164(51%)
業者委託	2	45	15	18	2	82(25)
その他	2	49	10	15	4	80(24)
計	13	192	55	53	13	324(100)

(昭和52年厚生省調査)

表Ⅱ－３－１２は東京都における浄水場の排水処理方式とケーキの処分方法を経年的に示したものである。これからも判るとおり、処分地の確保が困難になるにつれ、より良質（低含水率・中性等）のケーキが要求され、それに見合う処理方式が採用されてきた。

表Ⅱ－３－１２ 排水処理方式とケーキ処分（東京都の例）

浄水場名	設置年	排水処理方式	ケーキ処分方法
H 浄水場	昭和38年	酸処理→石灰処理→真空ろ過 (ケーキ含水率 70%)	局用地に投棄 業者の自由処分 (浄水場から数Km～10数Km 程度)
A 浄水場	昭和41年 増設 昭和47年 〃 昭和51年	同上 (ケーキ含水率 70%) 酸処理→石灰処理→加圧ろ過 (ケーキ含水率 50%)	業者の自由処分 (浄水場から数Km～10数Km 程度) 近隣の用地を確保の上埋立 処分 (浄水場から数10Km)
K 浄水場	昭和51年	造粒脱水→ドラムプレス→熱風乾燥 (乾燥土含水率 45%)	宅地造成用盛土 材料として建設業者に有償 売却 (浄水場から10数Km)

まだ都市化が進んでいなかった時代には、浄水場から比較的近い所に処分用地を求めることができた。また法律的にも厳しい規制を受けていなかったのも、ケーキ性状にそれ程神経を使わないで済んだ。ところが、次第に都市化が進行するにつれ、処分用地の確保はもちろんのこと、埋立処分完了後の跡地を積極的に利用する必要が生じ、跡地の利用に支障のないような土質工学的、化学的なケーキ性状が求められるようになった。

ケーキ含水率を例にとれば、初期に採用された真空ろ過方式では70%前後の含水率しか得られなかったが、その後開発された加圧ろ過方式では50～60%のケーキが得られるようになった。更に2次脱水施設として乾燥施設をとり入れる浄水場も現われ、より良質のケーキが造られるようになった。

浄水場で発生するケーキは、廃棄物処理法上の汚でいとして種々の規制を受けているが、性状的には無機性汚でいで有害物を含むことはない。しかし埋立処分を行うに当たっては自然環境の保護や地下水汚染の防止に配慮すべきことはいうまでもない。

将来の処分の困難性を想定して、ケーキの有効利用のための調査・研究がいくつかの事業体において行われている。また、埋立処分後の跡地を農業用地として利用する例も多くなり、ケーキ性状が植物に及ぼす影響についても調査されている。

ケーキの有効利用の方策を検討することは、恒久的なケーキ処分対策として必要となる。

Ⅱ－３－２ 排水処理のとりえ方

これまでの浄水場排水処理への技術的な対応は、排水処理の各单位操作の改善及び効率化を目途とするものが主体となっており、最近、浄水処理－排水処理－ケーキ処分という体系的なとりえ方の必要性が認識され、一部で研究が始められている。今後は、更に水源管理や原水の運用までも含めた水道全体システムの中で排水処理をとらえていく必要がある。

(1) 単位操作としての把握

浄水場からの排水を処理する必要のなかった時代の認識の延長上にあるとりえ方で、各浄水操作で発生した排水やスラッジを無条件で排水処理プロセスに受け入れ、排水処理の各单位操作の効率化を追求するものである。すなわち、沈澱スラッジ等の濃縮性の改善、脱水性の向上、脱水機の改良・開発等個々のプロセスの実験・調査研究を主体

とするものであり、これらの単位操作を効率的に行い排水処理の効率化を計るものである。

排水処理系を含めた浄水場のシステムがオープンシステムの場合、すなわち排水処理系で生成あるいは排出される物質（最終生成物であるケーキを除く）を浄水場外に排出可能な場合には、この方法での対応が有効であった。しかし環境（社会環境も含む）からの要求が増すに従い、生成物等を無思慮に場外へ排出できなくなり、脱水汚液等を浄水処理系へ戻さなければならない場合が多くなってきた。このような場合、従来は有効であった単位操作が逆に他の系に悪影響を及ぼす結果となることがある。

例えば、濃縮・脱水性を改善するための酸処理法や脱水性の向上のための石灰処理法などはその代表的なものである。

酸処理法は、沈澱スラッジ中に含まれるアルミニウム分がスラッジの濃縮性・脱水性を阻害するので、硫酸を添加することによりアルミニウムストリッピングを行うものである。この方法によって、一般に脱水性は酸処理を行わない場合の数倍から10数倍向上する。また、この酸処理操作で発生する溶液（通常「再生ばんど」とよばれる稀薄な硫酸アルミニウム）は、凝集剤として浄水処理系で再利用できる利点がある。

しかし、硫酸によるアルミニウムストリッピングは、スラッジ中に存在する鉄やマンガンの重金属類も同時に溶出してしまい、再生ばんど中に含まれることになる。再生ばんどが浄水処理系と排水処理系を循環するにつれて、これら重金属類も次第に濃縮されることになり、浄水処理薬品としての適性を欠くことにもなりかねない。また再生ばんどはアルミナ分の濃度が薄いため、他の凝集剤や助剤を必要とし、薬品注入管理を複雑にする。

更に、浄水処理と排水処理との間にはタイムラグがあるため、高濁時に於て注入した多量の凝集剤が再生ばんどとして回収される時には、原水濁度が低下し回収した再生ばんどの何分の1かで足りることになる。余剰となった再生ばんどは貯留するか、注入するかいずれかで対応しなければならず、貯留するためには大容量の貯留施設を必要とする。そのため通常、凝集剤として注入する方法がとられている。この場合、適正注入率をオーバーしたばんどが使用されることになり、助剤としてのアルカリ剤も必要となりその分だけ凝集剤等に起因するスラッジ量を増やすことになる。この問題に対しては再

生ばんどの中和処理や濃縮処理等が検討されている。

石灰処理は、濃縮スラッジに石灰を添加することにより脱水性を向上させるための操作である。通常の石灰添加率はスラッジ中の固形物量に対し 15～20% であるが、場合によっては 30～40% も添加している例もある。このように石灰処理は、後に続く脱水過程への負荷を大きくするばかりでなく、発生するケーキの pH 値が 10～12 と高くなりケーキ処分上の問題となる。また脱水母液の pH 値も 11～12 と高く、排水処理系外に排出するためには中和処理が必要となったり、浄水処理系へ戻す場合には、返送地点、返送量を十分検討した上でないと浄水処理操作に思わぬトラブルを生じることになる。

(2) 浄水処理・排水処理・ケーキ処分を一体としての把握

排水処理上からみた場合、スラッジの性状としては、①粒径が大きい、②有機物が少ない、③アルミニウム含有率が低いことが望ましい。①及び②は水源の種別や原水状況に起因するものであるが、③は人為的に行う浄水処理操作によって左右されるものである。しかし、排水処理の効率化のために注入薬品の管理を行うということはこれまでなされていない。

凝集剤等の薬品注入管理をより適正に行うことにより、アルミニウム添加率の低減を計ることはもちろん、ポリマー等他の凝集剤及び助剤の検討や注入方法、攪拌方法の再検討、更には沈殿処理を省いた直接母液法の採用等を行うことによりスラッジ中のアルミニウム分を減少させるための方策を検討する必要がある。この面からの検討が土木学会を中心として昭和 50 年から始められており、いくつかの知見が得られている。しかし実施への適用までには至っておらず今後の研究が待たれる。

ケーキ処分の面から排水処理をみた場合にもいくつかの問題がある。

従来は、ケーキをつくりさえすればどこかに処分できていたケーキが多く、処分上からの要求はそれほどなかった。最近浄水場ケーキに対する法的規制の強化や大都市周辺での処分用地確保難などから、排水処理をケーキ処分の面からとらえることの必要性が認識されるようになった。

ケーキの輸送という点から含水率をできるだけ小さくする必要があり、陸上埋立処分を行う場合には、処分後の地耐力が大きく、流動性の小さな土質工学的強度の大きいケ

ケーキが望ましい。また植物等への影響も少ないものが求められるが、石灰処理を行った脱水ケーキは好ましくないようなので今後検討する必要がある。処分地周辺の地下水や公共用水を汚染することのないケーキという条件も重要である。

脱水工程の後に乾燥・焼成工程を検討している事業者もみうけられ、乾燥工程まで採用した浄水場も増えてきた。この工程から発生する乾燥土は現時点では最高のもので、土質工学的性質も普通土と変るところがなく、道路用、盛土用、埋戻し用の土として利用することが可能である。また高温による熱風乾燥を行うので一種の滅菌が行われ、育苗用の培土としても利用可能である。

今後は更に処分条件が厳しくなるので、有効利用を計るための処理方法の開発等積極的な取組が必要である。

(3) 今後の方向

1) 計画時の対応

水道計画を策定する際に、排水処理の面から検討も必要となる。

例えば、水源の選定に当って、できるだけ濁質量の少ない水源を選ぶようにしたり、河川水を水源とする場合にも原水貯留池等の設置について検討を加えたりして、浄水場へとりこむ濁質量を最小にするようにする。

2) 水質汚濁の防止

浄水処理上からはいうまでもなく、排水処理上からも原水水質の汚濁化は避けなければならない。原水の悪化は浄水処理薬品等を多量に必要とし、それだけ排水処理への負荷を増加することになる。

3) 原水の管理・運用

特に高濁時の原水運用は重要となる。高濁対策として、高濁時の取水停止が考えられ、流入濁質量を減らすためには有効な方法である。この方法を可能とするためには配水池容量の増強や、原水又は浄水の相互融通施設の整備が必要となる。

Ⅱ－３－３ 排水の共同処理

中小規模の水道において個々の浄水場に排水処理施設を設置することは、財政的、管理技術的に得策でない場合が多い。そのような場合に数カ所の浄水場排水を1カ所に集中して処理したり、他の事業者と共同で処理施設を設けるなど、排水処理施設の共同化が有効

となる。

現在、共同処理方式を採用している事業者もいくつか見うけられ、代表的なものに次のものがある。

横浜市の場合は、青山水系に属する川井、鶴ヶ峰、西谷の三浄水場の排水を西谷浄水場に設けた排水処理施設で一括処理する方式をとっている。

東京都の長沢浄水場の場合は、隣接する川崎市の長沢浄水場に排水処理を委託している。この場合水源が同一のため発生スラッジの性状が類似しているため共同処理が行い易い。

排水処理施設のうちの施設を共同化するかが問題となる。一般的には、調整施設は各浄水場に設置し、濃縮施設以降を共同化するのが効率的である。浄水処理方式の相違によって調整施設に流入する排でいの性状や量が異なるため、各浄水場から共同施設へ送られるスラッジの性状をできるだけ均一にするため、排水池、排でい池等の調整施設は各個に設置するのがよい。

排水処理の共同化を計画する場合の検討事項は次のとおりである。

第一に処理対象濁質量の把握の問題がある。同一水源や取水地点が同一河川でそれ程離れていない場合には、単独処理の場合と同様であるが、取水河川が異なるような場合には、各取水地点毎の濁度発生状況を詳細に把握して、統計的処理によって設計濁度を算出しなければならない。

第二に経済比較を行う必要がある。

① イニシャルコストについて

排水処理施設に係る用地費及び建設費について各浄水場単独で設置した場合と共同処理施設（スラッジ移送施設を含む）にした場合の比較

② ランニングコスト

薬品費、動力費、人件費、修理費、燃料費等について単独の場合と共同の場合の比較

③ ケーキ処分費

処分用地の取得費、運搬費等についての比較

Ⅱ－３－４ ま と め

浄水過程から排出される沈蔵池スラッジ、汙過池の洗滌排水、緩速汙過の洗砂排水等の排水及び汚泥の処理、処分について、わが国の実態と技術上の諸問題につき考察し、将来

の方向について二、三の提言を行った。

わが国におけるこれら一連の排水処理は、古くから沈澱・濃縮の上、上澄水は排出し、汚泥は天日乾燥で処理する等の方式で行われてきたが、機械脱水等の本格的な方式で行われたのは昭和39年東村山浄水場(東京都)が真空濾過方式を採用したこと開始だったといえる。その後主要都市で環境対策として排水処理を強化し、それに伴う汚泥処理の機械化が進んだ。とくに昭和47年に、水質汚濁防止法に基づく排出規制の適用(浄水能力1万 m^3 /日以上のものにつき、新設は51年6月、既設は52年6月)されたことを前提として、排水処理施設の国庫補助制度が設けられたことを背景として急速に整備が進んだ。52年度における全国の主要な363浄水場のうち、脱水法の区分で機械脱水方式172(47%)、自然乾燥方式128(35%)、他の浄水場での処理等63(18%)となり、又浄水能力規模が大きいほど機械脱水方式の比率が高い。現在なお施設整備は継続されているのでさらにこの比率は増加するものと推定される。

上述のように排水・汚泥処理の歴史は浅く、なお多くの技術上の問題が残されている。現在までのところ排水・汚泥の処理は浄水施設から発生する排水・汚泥を無条件に受け入れることとして、濃縮性や脱水性の改善、脱水機の改良開発についてその効率化が追求されてきた。その結果一応の成果を得て「浄水場排水処理施設設計指針解説」(日本水道協会、昭和50年)等の技術指針も作成され、計画・設計上の基礎資料が提供されるに至っている。今後ともこの単位操作について調査研究・開発を継続する必要があるが、加えて浄水施設、あるいは水道施設の全システムとの関連において適切な位置づけをすべきことを強調した。

すなわち浄水施設－排水・汚泥処理施設－最終処分(有効利用を含む)のプロセスで、例えばアルミニウム添加量の低減、ポリマーや助剤の種類及び注入率の再考、攪拌方法の再検討、更に沈澱池を省略した直接濾過法の採用等、浄水施設の設計や操作の変更で、濃縮性や脱水性の改善の可能性があり、又最終処分段階への配慮としては輸送に適合する含水率、処分後の地下水や植物等への影響の有無、処分地の跡地利用を考慮したケーキの土質学的性状(地耐力、流動性など)の改善を図る必要性があり、そのために乾燥、焼成技術、その他有効利用のための処理方法に関する研究を進めるべきことを強調した。また水道施設の全体との関連については、例えば量的には、2回の台風期に年間発生固型物量

の67%が発生する（朝霞）等、量的には高濁時対策が重要であり、発生量を減少するため、例えば水源の選定条件として濁質量（及び質）を強調し、あるいは高濁時は取水停止することとして、そのための配水池の増強、水系の異なる原水や浄水の相互融通について検討する等の配慮の必要性を指摘した。

更に排水・汚泥処理には高度な技術と費用を要することから、中小規模浄水場では共同処理を行うことを推奨し、例えば各浄水場では量・質の均等化のための調節施設を設け、濃縮・脱水等は共同化する等について検討する必要があることを指摘した。

以上、浄水施設、最終処分、あるいは水道施設全体との整合性及び共同処理については、技術性と同時に、設備費及び処分費を含む管理費等の経済性について配慮すべきことを付言した。

第4節 ダムによる濁水の長期化現象とその対応

水需要の増大とともに水道の原水を河川に依存する割合が全国的に多くなり、中でもダムは水道水源として大きな役割を果たしている。また、治水、発電、かんがい、工業用水等を目的として全国各地でダムが建設され利用されている。

このようにダムは重要な役割を果たしている一方、洪水時等の濁水が貯留し、長期間にわたり下流の利水等に被害を及ぼすことがある。環境庁が昭和47年に行った全国的な調査によると、概ね50ヶ所のダムにおいてこうした濁水長期化現象がみられるとしている。

濁水による被害としては、①水道では、従来必要でなかった浄水施設の新設、処理薬品費の増大や浄水機能の低下、②河川中の藻類等が成長しないためそれを餌としている魚類に影響を与えるための魚獲量の減少、③濁水による観光価値の低下、④遊泳不能、⑤家畜の飲用不適等がある。

ここでは、水道水源としてのダムの汚濁をとり上げ、その具体的な例として和歌山県の新宮川と新宮市の水道を紹介する。

Ⅱ－４－１ 新宮川の汚濁経過と水道の対応状況

新宮川は、奈良県、三重県、和歌山県に源をもつ十津川、北山川等の幾つかの支川を合わせて熊野灘に注いでいる。その途中には瀨八丁のような風光明媚なところもみられる。

新宮市では、昭和7年以来新宮川を水源として水道事業を経営してきた。当初は、新宮

川の濁度が低いこともあって、普通沈殿池と緩速汙過池の組み合わせによって浄水処理を行ってきた。しかしながら、昭和30年代から開始された吉野熊野総合開発に伴うダム建設によって濁水の継続期間が長くなり、緩速汙過方式ではまかないきれなくなった。

そこで、一部の施設を急速汙過方式に変更して浄水処理を続行してきたが、昭和50年8月の台風通過後相当長期にわたり高濁度が続き、一部残されていた緩速汙過池の汙過機能の低下をきたし、短期日ながらも、新宮市水道史上初めて断水をせざるを得ない状況となった。その後の第2次拡張工事ではすべて急速汙過方式で対応することになっている。

さて、吉野、熊野総合開発計画等に伴うダム建設の状況はつぎの通りである。

表Ⅱ-4-1 ダム建設の概要

ダム名	河川名	着工年月	完成年月	総貯水量
川 迫	天ノ川	—	昭 15	113万 m^3
九 尾	天ノ川	—	昭 12	113
猿 谷	天ノ川	昭 28. 10	昭 32. 6	2,330
風 尾	十津川	昭 33. 10	昭 35	13,000
二津野	十津川	昭 34. 7	昭 37	4,380
坂 本	東ノ川	昭 34. 7	昭 37. 4	8,700
池 原	北山川	昭 37. 3	昭 39	33,800
七 色	北山川	昭 37. 8	昭 40	6,130
小 森	北山川	昭 37. 10	昭 40	970

(注) 猿谷、坂本の両ダムの水の大部分は紀ノ川水系に分水している。

これら既に完成したダムの他に、瀬戸谷川の瀬戸ダムと旭川の旭ダムが昭和53年中に完成の予定である。

一方、新宮市では上水道の取水口における濁度を毎日記録しており、その記録をもとに図Ⅱ-4-1のような新宮川の濁度変化表を作製した。図では、年間を通じて270日、180日、90日、10日は^超越えない濁度ならびに年間平均濁度について昭和20年から52年までの推移を見た。前4者は濁度の継続状況を見るため、おおむね9ヶ月、6ヶ月3ヶ月及び10日間を通じての数値をとった。また、年間平均濁度は年間を通じて毎日の濁度を加算しそれを365日で除したものである。

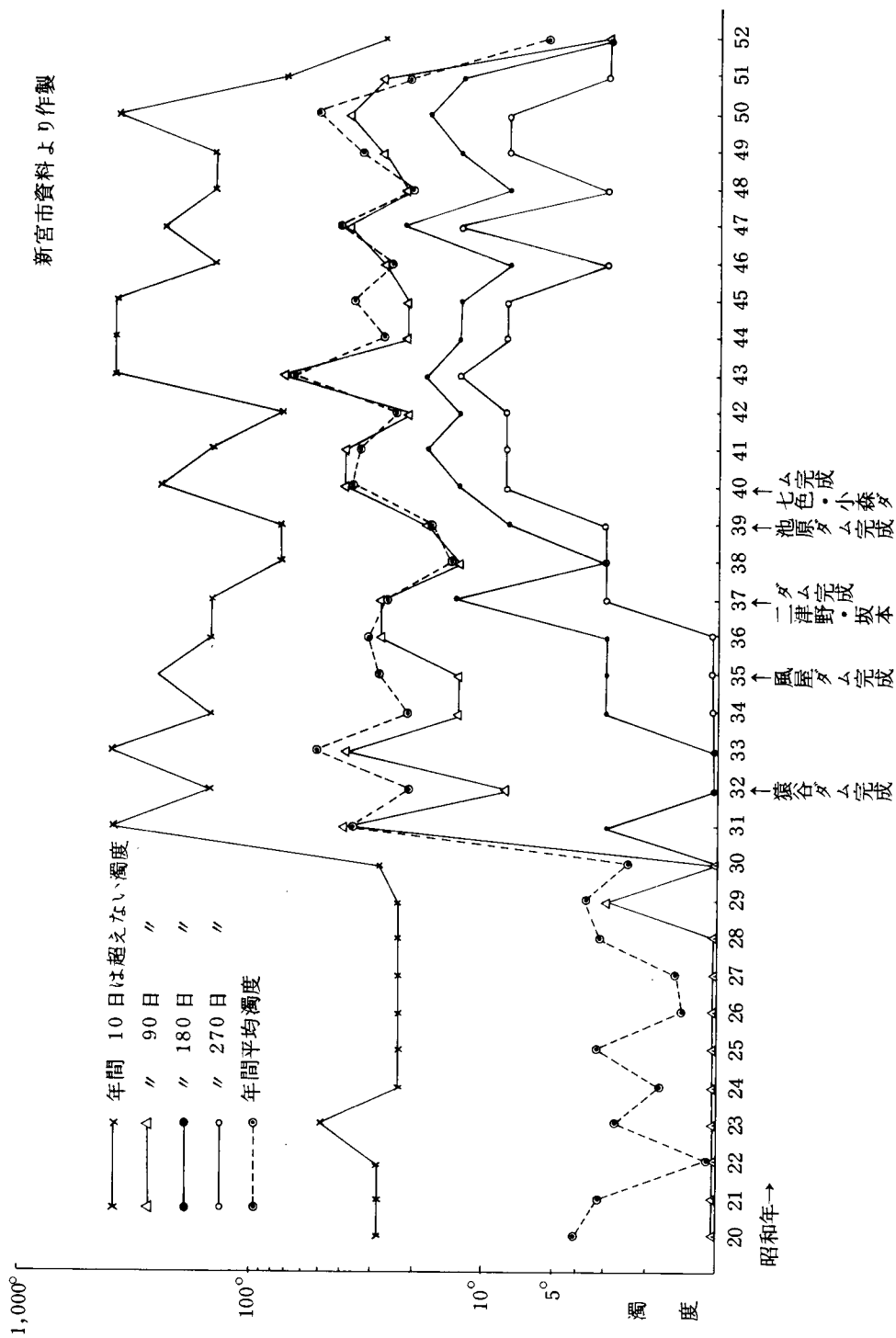
この図によると、昭和30年までは、年間平均濁度は5度以下であるが、その後は30度前後で推移していることがわかる。3ヶ月、6ヶ月、9ヶ月及び年間濁度も昭和30年を契機に上昇の傾向にある。この濁度上昇は、ダムの完成とともに進んでいることもわかる。とくに、濁度の上昇傾向として、昭和30年までは年間3ヶ月を通じてほとんど濁度がなかった河川がその後は30度前後で推移していること、9ヶ月濁度でさえ7度前後となっていることである。10日濁度は、昭和30年まで30度程度であったものが、その後は100度以上となっている。

これらの結果からいえることは、昭和30年までは台風時等に高濁度となることはあっても短時間で元の河川のように清澄になったものが、30年以降は、年間を通じて河川の濁度が高くなったということである。また、図によると昭和46、48、51年に一時濁度が低下しているのは、その年台風による影響が少なかったことによるものである。52年の低下は、この年から上流の風屋ダムにおいて表面取水を実施しており、その効果が出たものと思われる。

このような濁水の長期化に伴い新宮市では市長を会長とする新宮川水系対策連合会を設け、濁水防止の運動を続けている。「新宮川水系水問題に対する諸運動について」と題するこの会のパンフレットにおいて、ダム建設等の吉野、熊野総合開発の結果その汚濁の被害が広範に及び、飲料水や地域産業即ち製紙、漁業、観光等に重大な影響を与えていること、また、今後の水関係の開発については、関係住民の参加による流域振興計画を樹立し、住民の生活権の保障を基本にして地元住民による開発の方式を確立すべきとしている。

また、昭和53年2月の新宮市広報によると、新宮川の汚濁が新宮市の上水道に与えた被害補償について、新宮市と電源開発株式会社とが交渉を続けていたが、昨年末6億800万円で妥結したと報じている。これは、昭和37年から15ヶ年間の上水道の被害をもとに、現在進めている上水道第2次拡張工事の総費用額14億円のうち、自然増や拡張分を除いた8億5,000万円を電源開発が負担すべきだとして要求していたものである。なお、これに関して市長は、市議会全員協議会において、今回の妥結は清水問題と引き換えたものではなく、今後とも清水運動をさらに続行していくと述べている。

図II-4-1 新宮川の濁度変化（新宮市上水道取水口）



Ⅱ－４－２ 早明浦ダムの濁水と水道の対応状況

早明浦ダムは四国吉野川の上流に築造された総貯水量 3 億 1600 万 m^3 の多目的ダムである。その水は、香川用水によって高松市等香川県下の水道水や徳島県においても利用されているとともに、下流の洪水防御の役割を果している。

ところがこのダムが完成して以来、以前は洪水による高濁度の期間が 1 週間程度であったものが長期化する傾向にあり、下流で取水している本山市、池田町等の上水道の浄水処理に影響を及ぼすことになった。

高知県本山市は給水人口 4,000 人の簡易水道があり、日最大取水量 1,400 m^3 のうち 600 m^3 を吉野川本川から取水している。従来から緩速汙過方式で給水してきたが、昭和 50 年の台風 5 号、6 号及び昭和 51 年の台風 17 号による濁水の長期化のため長期にわたって取水ができなくなり、その間断水や時間制限給水を実施し、一部の地域では水道の水質基準を上回る濁水を供給し、町民からの苦情があった。そのため、水源を吉野川本川から支川の汗見川に移すことになった。

また、徳島県池田町では給水人口 14,400 人で日最大 7,450 m^3 を吉野川本川を水源として供給している。ここでも、吉野川の濁水の長期化により、緩速汙過方式では対応しきれなくなり、水質基準値を上回る濁水を供給し町民からの苦情が出た。そこで、緩速汙過方式を急速汙過方式に変更し対応することになった。

これらはいずれも早明浦ダムの完成による濁水の長期化が原因となって浄水方法の変更ないしは水源の変更を余儀なくさせられた例である。

Ⅱ－４－３ ダムにおける汚濁長期化現象

ダムにおける汚濁長期化現象は、「一ツ瀬ダム貯水池におこる濁水長期化現象とその対策」（昭和 47 年 11 月環境庁水質保全局）に詳しい。その概要について取りまとめるとつぎのとおりである。

1) 水理的現象

貯水池内の濁水分布型には一般に 2 種類あり、その 1 つは貯水池内に濁水が帯状に停滞するもの、他は濁水が貯水池内に全体的に分布するものである。これらはいずれも洪水の規模、貯水池内水温分布特性と密接な関係がある。

一般に、ダム等貯水池の水温分布は季節的な外気の気温の変化及び流入水・貯留水の

温度等の変化に対応して周期的に変化する。

すなわち、秋から初冬の放熱期には主として表層から冷却されて表層水の密度が大きくなるため貯水池の水は上下混合を行い不安定である。

春先から夏にかけて表層から昇温が始まると、下層から取水している場合は、当分の間温度分布の様な冷水範囲のみから取水され、やがて温水層が取水口標高にまで到達すると今度は逆に上層の温かい軽い水が取水され、取水口付近に顕著な温度躍層が形成され、下層の冷水は静止する。

夏期に至って強い日射及び流入水の昇温により表層のある範囲は更に昇温して表層躍層を形成する。

このような状態においては、取水による流水は上下の密度差のためにある水深範囲に限定されてしまい取水口付近に中間流が形成される。この中間流は平面的には貯水池の全巾に及び、深さ方向の厚さは温度勾配によって決まり、それが大きい程厚さは小さくなる傾向がある。この中間流の存在が帯状型の濁水分布と密接に関連し、成層期の流入水は等密度の層に流入する。秋期に至り表層から順次冷却され冷却が2次躍層に達すると全層的に対流が生じ温度成層は消滅し様な水温分布となる。

このような貯水池の水温分布は、洪水の流入によって変形ないし破壊される。④小規模洪水時（夏場の時）では表層躍層が破壊される程度であり、⑤中規模洪水では洪水が2次躍層上に流入し、躍層をかく乱し下層水を連行する。⑥大規模洪水の場合には、中規模洪水の状態が長期化するか、あるいは2次躍層が破壊され全体的な濁水分布の原因となる。

濁水対策上特に問題となるのは、⑥のケースで高濁度の中間流が形成される場合及び⑦の全層的に濁水が分布し放熱期に入って深層に及ぶ対流現象を生じる場合である。⑥の場合には上層部が1か月位経過すると清水化するのでこの部分を放流すれば濁水対策は可能であるが、⑦のケースでは長期間濁水が継続する。

2) 濁水現象の原因

ダムにおける濁水現象の機構は上述のとおりであるが、濁水現象の原因としては以下の事項が考えられる。

(1) ダム上流部地域に濁水発生源となる土砂崩壊地があること。

- (2) 濁質の粒子が非常に小さく沈降し難いこと。
- (3) ダム貯水容量が大きく、洪水時に貯水した濁水が容易に入れ替らないこと。
- (4) 発電用の取水口が比較的ダムの底部近くに設置されているためダムの底部近くに設置されているためダムの一種の沈殿池的な効果を受けず、かえって濁度の高い箇所から取水を行っていること。
- (5) ダム下流において支川等の清水による稀釈があまり期待できないこと、等である。

3) 技術上の問題点

(1) 選択取水の限界

温度成層が形成されている状況では濁水は取水に伴う中間流の層に帯状に停滞しこの間に表層は清水化するので、表層取水に切替えることによって清水を取水し得るが、温度成層が破壊された場合には無効である。さらに選択取水を有効に行うためには温度成層の再成をまたねばならないこと、どの程度の温度成層の再成時に表面取水に切替えるべきかについて検討を要すること及び表面取水設備の設計にあたっての限界取水流速、取水深の決定等についての更なる検討が必要である等、ダムの水理特性に適応した対応が必要である。

(2) 混合稀釈による軽減化対策

濁水が帯状に停滞した後にこれを上層の清水と混合稀釈すれば取水濁度がある程度軽減できるといわれている。しかし、これには水中に空気を注入したりして浮上気泡の伴流によって混合しなければならず数多くの注気設備が必要となり、また、2次躍層を破壊しないように実施しなければならずその効果も50%くらいといわれ、今後更に改良が必要である。

(3) ダム設計基準の改訂等

元来ダムには非常時における貯水池水位の低下を主目的として設けられる放流管が付帯しているが、これを濁水長期化防止のため²の常用設備として活用する等の研究が必要であろう。

以上「一ツ瀬ダム貯水池における濁水長期化現象とその対策」における概要等についてまとめた。

総じてダムの濁水対策としては上流部からの土砂の流入を防ぐことが第一に必要であり、

建設以前に上流部の土質を十分調査し、洪水時に高濁度が継続するような地点は避けることが基本であろう。こうした意味からも環境アセスメントの実施が不可欠であり、又その内容の充実を図ることが緊要の課題である。

水道の立場からすれば、水道^原水は清浄であることが望ましいが、水源確保の面からダムを造らざるを得ないことが多い。それに伴って生ずる濁水問題を解決するために、上記のようなダム地点における対策を講じるとともに、水道の側においても或る程度の自衛策を講じる必要があろう。

第5節 酸性河川の活用例と課題

火山国であるわが国では、河川上流部において強酸性の温泉水、硫黄鉱山の坑内水及びその周辺の滲出水等に起因して、かなり下流部にいたるまで河川水が酸性化し、水棲動植物の生存を否定した「死の川」となっているいくつかの水域がある。これらの河川流域においては、その水質改善対策が主として経済性の面から困難なため、水産業のほか、農業、上工水、発電等の各種利水を受容せず、その流域一帯の社会経済的發展を著しく阻害している。

周知のとおり、わが国の水需要は逼迫しており、新規のダム開発、各種水利用の合理化等の水資源開発事業が行なわれているが、地域によってはなおかつ水需要を充足できない地域がある。このような地域においては止むを得ず上述のような酸性河川の活用についても検討せざるを得ない場合がある。

元来飲料水等の生活用水を供給する水道の原水としては、何よりも質的にすぐれたものを選定すべきことはいうまでもない。したがって死の川とよばれる酸性河川には有害重金属を溶存する可能性も高く、かつ浄水費が高くなることから、これを水源とすることは本意でなく、何よりも水道技術としての経験もなく、又住民感覚からして抵抗を感じるから、慎重な検討が必要である。

このような酸性河川の水道利用について始めての経験を青森市上水道において持つこととなった。現在基本計画を完了し、二、三の技術的検討事項は残されているものの、事実上工事に着手することとなった。本節では酸性河川の利用をめぐる諸問題について、わが国の酸性河川とその水質改善対策の実情、青森市上水道の水源決定までの検討内容及び浄

水計画を通して、今後の酸性河川の活用上の留意点について考察を加えたい。

Ⅱ－５－１ わが国における主要な酸性河川とその水質改善状況

わが国における主要な酸性河川をあげると、長流水系弁景川等、折戸川水系精進川等、（以上北海道）、堤川水系荒川等、駒込川（以上青森県）、北上川水系赤川（岩手県）、雄物川水系玉川、田沢湖、高松川等、米代川水系熊沢川、岩瀬川等（以上秋田県）、最上川水系松川、須川等（山形県）、阿武隈川水系松川、荒海川等（福島県、宮城県）、利根川水系吾妻川等（群馬県）、信濃川水系松川等（長野県）、蒲田川水系小田川（鳥取県）、吉井川水系金剛川（岡山県）、遠賀川水系西川（福岡県）等であり、硫黄鉱床の多い東北地方に多く、北海道、長野にも見られるが、全国的にみてそれ程多くはない。発生形態別にみると河川上流部の硫黄鉱山の坑内水、ズリの滲出水、同辺の地下水、沢水等及び温泉水の硫酸に起因する強酸性水によるものが多く、かつ酸性の度も強く、一般に規模も大であるが、銅鉱山（鳥取）、ろう石鉱山（岡山）、炭坑排水及びボタ山（福岡）のような例もある。

これらの酸性河川を水道水源として活用しようとする場合の水質改善対策を大別すると、発生源対策、河川水質改善対策、及び浄水操作にわけることができる。

発生源対策は、坑内水等の中和処理のほか流出又は滲出水量を減少させる方法、露出したズリ等を普通土で被覆するような方法もあり、北上川水系の松尾鉱山で実施されている。石灰中和処理を行っている例として北上川がある。また、地下滲透による中和を行っている例もある。

河川水質改善対策としては、中和処理（吾妻川）、稀釈水の導入等が考えられる。

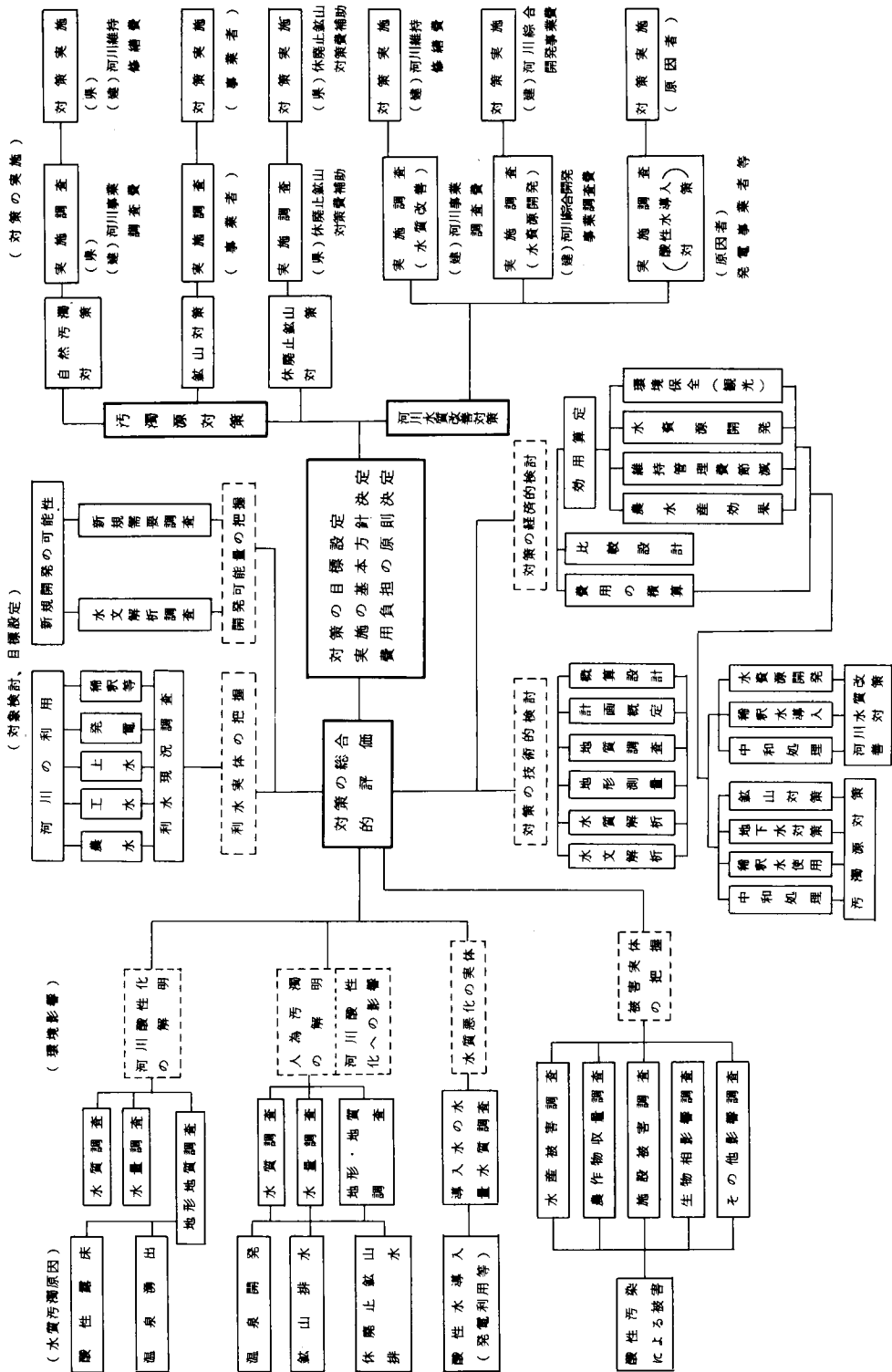
このような河川全体の水質を改善すべきかどうか、及び対策事業の決定は、諸対策の技術的効果の評価とともに、当該河川の農水産業、上水道、環境保全（観光）の被害の防止や利用度の拡大、河川施設の維持管理費の節減等の効用と、改善対策の費用について検討の上、総合的に判断されなければならない。筆者らも北上川、玉川、堤川についてその水質改善対策の基本計画調査を行った。図Ⅱ－５－１は一般的な自然汚濁防止対策の調査から事業実施に至るまでのフローを示したものである。事業の実施機関が多岐にわたるので総合的な調整が重要である。

浄水操作、すなわち浄水場での中和処理は、凝集効果と水質基準に適合させるために必

要である。現在まで実際に酸性河川を利用している例はない。

表Ⅱ－５－１は水質改善対策の事例を示す。

☒ II-5-1



Ⅱ－５－２ 酸性河川の水質改善計画事例

河川水の水質改善計画の事例の一つとして「堤川水系自然汚濁対策調査報告書」
(昭和５０・３環境庁委託により青森市が実施)がある。以下にその概要を紹介する。

(1) 堤川水系の概要

堤川は、八甲田火山に発する荒川、駒込川を支川として青森平野を南北に流れ、青森湾に注いでいる。

荒川は八甲田火山の石倉岳等の山々に源を発する支川を集め、流域面積 69.8 Km^2 、流路延長 31.6 Km である。その中に酸ヶ湯温泉等がある。

堤川水系の酸性汚濁は、秋田県玉川、山形県蔵王、群馬県草津温泉等の酸性温泉水、強酸性地下水とともに全国的に知られている。

(2) 水質調査の経緯

荒川水系の酸性化は古くから知られているが、本格的な調査が行われたのは昭和１５年以降である。その主な調査としては次のものがある。

昭和１９年 小林純による荒川毒水調査

荒川酸性化の原因の究明、被害調査、水質調査、農作物被害の防除の
急的対策等の検討

昭和２２年 農林省(仙台農地事務局)の調査

地質調査、河川水質調査とともに荒川毒水の原因、機構の究明並びに毒
水処理対策のための基本的調査

昭和４９年 環境庁の堤川水系の汚濁対策について(青森市に調査を委託)

その他調査に関する文献が幾つかある。

(3) 汚 染 源

① 汚濁泉源の主なものは、荒川上流では酸ヶ湯沢、地獄沼、地獄湯の沢、新湯付近及び駒込川上流の湯の川、空川等である。その他の泉源は、河川の自浄作用により短区間の汚濁のみで本流汚濁の直接の原因とはなっていない。

② 泉源の湧出口は、殆んど火山噴気によるび爛地帯の中にあり、大量に湧出しているが地表からの封鎖、被覆は強酸性地下水の分散湧出を招くだけで抑止することは不可能である。

(4) 河川の汚濁状況

- ① 河川の汚濁状況は、主に硫酸イオンの濃度が高く、鉄、マンガン等の重金属類の溶存があげられる。これらはとくに^強酸性地下水の湧泉源から供給されるものである。河川の底質については、下流において硫酸イオンの含有率が高く、重金属も多い。これは、流速低下と河口付近における中和による二次沈殿物の中に含まれているものである。
- ② 堤川水系の流量は、日量百万 m^3 にのぼるが、流入する強酸性地下水が多量であることが河川の水質改善、浄化を極めて困難にしている。

(5) 汚染対策

- ① 酸性河川の汚濁防止のため一般に行われてきた石灰中和法は、大量の添加中和剤による二次沈殿物の大量発生とその処理、さらに中和材料の運搬諸条件、水質上の利用制限など幾多の問題がある。

堤川水系においてもこれまで地下滲透法をはじめとする水質改善に努力をしてきたが、今なお解決されないところからみても狭い範囲の改善で満足する場合を除いては、現段階において直接全河川の大量の水処理および改善はそのプラントの規模、経済性等を考慮した場合不可能と考える。

- ② 湧出水そのものを本流より分離し、さらに強酸性地下水の湧出量を徹底的に減量する方法を講じ、それを処理することが最善の方策である。
- ③ 本地域では、地下における段階から強酸性地下水の徹底的な減量、少量かつ濃厚な状態での化学反応と水処理、少量の状態です深層地下注入或いは海水により中和する方法などを採用することが望ましい。
- ④ 荒川においては、地獄湯の沢と地獄沼上流の河川水と地下水の遮断、新湯付近の湧出口と湧出量の確定、酸ヶ湯沢の湧水を含むこれらの強酸性地下水の集中化により、城ヶ倉隧道を利用することによって、本流から主な汚濁水源を分離することが出来る。その場合湧出量或いは処理量を1万数千 m^3 にすることが可能と考える。

駒込川についてもこれに準じて処理することが望ましい。

- ⑤ 泉源実地における中和処理の実験を、石灰石、ホタテ貝殻を用いて、接触法、乳剤注入法により行った。

その結果、1) 泉源で中和剤を乳剤として注入又は、そのまま接触させることによって大柳辺付近（水道取水地点）でもある程度 pH を上昇させることが可能である。

2) 湧出量、濁度等の自然条件の変化に対応した実験により、操作条件を明らかにする必要がある。3) 中和剤の使用により生成される沈殿物の措置を検討する必要がある。

4) ホタテ貝殻は安い中和剤である。工夫次第では活用できる可能性がある。

Ⅱ－５－３ 青森市上水道の酸性河川水の利用計画の概要

(1) 利用に至る経緯

青森市では、昭和 54 年度を目標に計画給水人口 276,000 人、1 日最大給水量 15 万 m^3 で第 3 期拡張事業を実施してきたところ、需要水量の増加等に伴い、昭和 60 年を目標に 1 日最大給水量 18 万 m^3 の変更事業に取りかかることになった。

一方、青森市中心部の海岸は地下水の過剰汲上げによって地盤沈下が進行し、埠頭施設をはじめ多くの被害が発生するに至っており、そのため従来地下水として取水していた水道原水を縮少すべきことが要請された。

このような情勢下において事業計画を樹てることになったが、青森市周辺には大河川はなく、すでに横内川、野内川を利用し、他の小河川も農業用水との競合等で利水不可能であり、更に視点を広げて弘前地域の水源についても検討されたが適当な水源がなく、やむを得ず、酸ヶ湯温泉の酸性水を含んだ堤川水系荒川の水を水源とすることになった。この堤川水系荒川において県営下湯ダム（治水）が具体化したことが直接的なきっかけとなった。

厚生省では、青森県、青森市からこの堤川を水源とする件に関し、再三他の清浄な水源を求めるよう助言を行ったが、どうしても適当な水源がなく、次のような経緯により荒川を水道水源として利用することに決定をみた。

まず、水質の面から問題となったのは強度の酸性であり、それ以外の水質項目については特別異常に高い含有物質はみられなかった。これを水源として利用するには酸性水を如何にして中和するかということと、後述のように堤川は従来から毒水として地元でも利水目的に使用していなかった経緯があるので、市民の飲料水源とするには、それなりに市民の同意が必要であるとの助言を行った。

市では酸性水の中和化についての実験に力を入れるとともに、厚生省の助言を受けて

昭和51年10月、市民代表、学識経験者を含む青森市水資源委員会を設け、堤川の酸性水の水道水への利用について審議し、その結果が「堤川の水道水源に関する意見書」（昭51.1.1）としてまとめられた。

青森市水道部では、第3期拡張事業変更認可申請にあたり厚生省の要求により「青森市水源調査報告書」（昭和51年12月）をまとめた。本報告書は、青森市の水道水源として堤川を利用する理由、及び利用にあたっての対応策等について記述したものであり、そのうち、堤川に関連する部分についての要旨は次の通りである。

(2) 堤川取水地点の水質

昭和51年7月28日～29日、8月24日～25日の2回にわたり行った水質調査等の結果によると、

- ① 水道の予定取水地点のpH値は、3.7～4.6の間にあり、水道水源として利用するにはpH調整が必要である。
- ② 過マンガン酸カリウム消費量、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2 - \text{N}$ は基準値以下である。
- ③ 有毒物質（シアン、水銀、有機リン）は検出されていない。
- ④ 塩素イオン、硬度、蒸発残留物、銅、亜鉛、6価クロム、ヒ素、フッ素、フェノール類、陰イオン活性剤は基準以下である。
- ⑤ 鉄、マンガンは基準を上廻っているが、pH調整と急速濾過方式で容易に除去可能である。
- ⑥ 大腸菌群、一般細菌についても検査されているが、塩素処理で殺菌可能である。
- ⑦ 濁度の時間変動が大きいのでその対策が必要である。

以上から、特に問題とされる項目はpHのみである。

(3) pH値の調整

取水地点における水質項目のうち特に問題となるpH値の調整について次のような考察を行っている。すなわちpH値の時間的变化からみて本河川の原水を水源としてpH値の調整を行うにはある程度まではソーダ灰を使用して、ある程度までpH値を上げ、その後カセイソーダや消石灰を用いてそれ以上のpH値の調整を行う方が処理作業も容易で経済的にも得策である。また、これに要する薬品費は3.19円/ m^3 と試算された。

Ⅱ－４－４ 酸性河川の活用に関する考察

さきに述べたようにわが国の酸性河川はそれ程多くないが、当該地域にとってはその活用は重要な意義をもつ。水道原水をこれらの河川に求める場合の問題点は、さきに紹介した「堤川の水道水源に関する意見書」（５１．１）青森市水資源委員会）において浮き彫りにされていると思われる。すなわちその要旨は次のようである。

(1) 従来、毒水という概念が行き渡っている堤川水系の酸性水を水道水源とすることに対しては、市民感情として危惧と不安とを感じる。しかしながら、

- ① 地盤沈下対策との関係で市の地下水汲上には限度がきていること。
- ② 市周辺の中性表流水には多くを期待できないし、また、ダム設置等が必要で緊急な水源確保に間に合わないこと。
- ③ 酸性水の改善に対して、専門家による慎重な実験が行われていて、一応、水質基準に達する水が得られる見通しがついたこと。

などの事態や理由を理解し、また、次に列記した諸条件が満たされることを前提に緊急の措置としての「市計画」に賛成する。

(2) 「市計画」について、より一層の安全性が確保されるため、つぎの諸項につき、その検討研究等を実施することを要望する。

- ① 大量の中和剤等の投入によって生ずる汚染の処理について、絶対に二次的公害を発生せしめない具体案をねること。
- ② 「中和剤」自体の品質の検討ならびに、その常時監視システムをつくること。
- ③ 市民の健康と「改善水」の性質との関連について、より詳細な医学的、化学的テストを行うこと。また、日常生活水としての水質テスト（煮沸、調味料添加、炊飯等の影響）も実施すること。
- ④ 「改善水」のコストを市民や産業の水利用者に対して、より負担とならないように検討すること。
- ⑤ 処理の方法、安全性等について一般市民の理解も納得を得られるよう努力すること。
- ⑥ 「市計画」を指導、助言する専門家の常設の委員会をつくること。

(3) 堤川の汚染源対策に取り組むこと

- ① 強酸性水と堤川水系とを遮断し、強酸性水のみを地下注入もしくは、薬品、海水等

によって処理する方法の検討および実現を期すること。

- ② 市は水質改善を泉源と浄水場との２段式にするために必要な検討、実現を急ぎ、また、県が実施した酸性水防除施設を改良復活されるよう県に要望すること。
- ③ 堤川水系の中性河川の利用について、その方策や関係方面との折衝を行うこと。
- ④ 野内川、合子沢ダムの建設を促進させること。

これらの方法、対策等の実施は、いずれも市はもとより国や県の理解と努力なしには不可能である。とりわけ、堤川水系を昭和１５年以前の魚の住むきれいな河川に復帰させ大量の水道源水たらしめることは、河川管理と水資源確保について総合的な責任を負う国や県の重大な関心事であることを願うものである。

以上のような青森市としての意見に対し、堤川の汚染源対策について、筆者の意見を付したい。すなわちこのような水質改善計画は、一般に水産業、農業、上水、発電、レクリエーション、観光等の効用と、水質改善対策に要する費用との均衡において評価され、水質改善事業の実施が決定されるべきものであろう。しかし現時点では未だその計量的手法は確立されていない。したがって~~当面はコスト計算が可能なものは極力行うほか、できないものについては可能な範囲で計量的にコスト計算を行って流域全体の~~
~~その初用や損失を明らかにして、それら~~
~~水経済について検討するとともに、各種の効用を並列的に概察して、住民の選択と施政者の~~
決断により、所要の水質改善対策を決定する必要がある。筆者の経験によれば、そのさいの最大の問題は誰れがどのような形で負担するかであり、これに関連していかに最少の費用で最大の効果をあげうるかという技術的手法の評価にあるが、何よりも上述のような総合的な評価の困難さにあるようである。

青森市上水道の例についてみれば、同市の浄水計画は、山元対策が行われないものとして、原水の pH 値を 3.0 と仮定して中和処理を予定し、山元において多少でも中和処理が行われればそれだけ浄水コストは軽減されるとして山元対策の実施を期待している。山元対策が未確定な現状においては安全な水の供給をはかるべき水道にとっては適当な計画であり、山元対策への期待は市民の負担をできるだけ少なくする水道経営の立場として肯定できる。しかしながらこの流域の水経済全体の立場からみて山元対策の実施については慎重に検討すべきことを指摘したい。例えば、仮に荒川本川の水質が pH 5 以下のレベルに改善されたとすれば他の利水目的に対しては殆んどその効用は認められないから、そのための山元対策は専ら水道のコストの軽減にのみ作用することになる。流域全体の水経済の立

場からみれば河川全体の水質を改善するよりも、上水道として必要な水量のみについて中
和操作を加えるほうが明らかに経済的である。ただホタテ貝殻の処分問題との関連で、処
分地を泉源に求めるとすれば、水質改善の効用を兼ねることができ、かつ従前の処分費と
の差引きで経済的であるような印象も受けることから注目に値いしう。

第6節 雑用水道の意義と今後の方向

各種の利水に対応する水質源は、主として都市用水の増加に伴ない今後ますます不足す
る傾向にあり、その合理的な利用と開発の進め方が重要な課題となっている。

元来、水資源の確保は、地域ごとに水資源の賦存状況、利用状況、開発の可能性等が異
なるものであり、また他の地域との相互融通も地域の社会経済的密着性から容易でなく、
かつ導送水の技術的、経済的な制約があるから、原則として、ある地域内、例えば流域を
単位とした地域について、最も適した開発、利用法を検討すべきものであろう。

しかし一部の地域においては、既にダム等による水資源の開発は限界に達し、既存利水
の合理化による余剰水の活用などの従前の手法のみでは、将来にわたる水資源の見通しは
困難となりつつある。とくに大都市圏の事情は重大かつ緊急な課題となっているといえよ
う。

このような水需給の状況から、高汚濁水や下水処理水の高度処理の技術開発が
進んできたことを背景に、再生利用水は新たな水源として期待され、又環境保全の面から
もその促進が要請されるに至っている。既に工業用水には下水処理水を再生利用する例が
かなりあるが、更に利用対象を拡大して、従来水道水でまかなってきた用途のうち、水洗
便所用水、冷却用補給水などの必ずしも飲用に適する水質を必要としない一部の用途に対
し供給しようとするものである。この供給システムを雑用水道と総称している。

この供給システムはビル内での循環利用、地域的に雑用水を供給する等の様々な形態が
考えられるが、いずれにせよ雑用水道により、当該地区内の水道水需要の低減を期待する
ものであり、上述のような水需給の動向に対処する一手法として位置づけようとするもの
である。

しかしながら雑用水道の実施に当っては未だ様々な問題が残されている。利用者の保健
衛生及び利用上の水質にかかる問題、二重配管及び高度処理による経済性の問題、水供給

制度における位置づけ等、解決すべき課題が少なくない。

本節では雑用水道について、その必要性和供給システムとしての概念、供給対象と水質上の要件、工学的対応、及び行政的対応に関して、現時点までにわれわれが調査研究した結果について概説し、若干の考察を加えたい。

Ⅱ－６－１ 雑用水道の必要性

(1) 雑用水道の定義

水を人の飲用に適する水として供給する施設を水道というのに対し、人の飲用に適する水を意図しない水を供給する施設を雑用水道と定義する。

人間の生活にとって飲用系の水は不可欠であるから、これを導管を用いて供給するとすれば、雑用水道は第２の給水系統となり、両者をあわせて２元給水と言うこともできる。

(2) 雑用水道の沿革

個別のビルや工場での２元給水は、わが国では広く普及していた方式である。飲用水系には水道水を用い、その他の用途には自己水源たる井戸水を使用していたのは、飲用水系には安全性を、その他の用途には経済性を求めた結果であった。

特に工場では、地下水の利用が活発であったが、過剰汲み上げに伴う地盤沈下を生じ、地下水採取の規制が必要となり、代替用として、工業用水の建設が行われた。その後、地域開発のための工業用水道も加わり、飲用に適することを目的としない水を供給する大規模な給水系統が全国的に整備された。これも、水の多量利用者のために、水道水より安価に水を供給することを目指したもので、経済上の優位性を普及の原動力としたものであった。

以上の事例は、数例の例外を除き、地表水や地下水に水源を求めているので、天然水型雑用水道ということができる。

これに対し、近年、関心を集め検討が進められている雑用水道は、再生水型雑用水道といってもよく、その水源を下水処理水に求めている。再生水以外に、汚染の著しい河川や都市内の降雨を貯留した水を水源としたり、海水を利用した雑用水道もケース・スタディーされているが、目下の雑用水道の主流は、下水処理水の利用にある。下水または下水処理水がもっとも普遍性を有し、かつ、このケースが解明できれば、その他の水

源の場合も応用がきくためである。

したがって、以下、下水または下水処理水を原水とする雑用水道について考察する。

現在実施されている下水処理水の再利用には次の4つのケースがある。

- (1) 下水道終末処理場内で、消泡、ポンプ水封、汙布洗浄、清掃、散水、水洗便所等の用水として利用
- (2) 工業用水として利用
- (3) 工場、ビル等で雑用水として利用
- (4) 住宅団地で雑用水として利用

このうち、事業としての形態をとってはじめて実施されたのは、昭和39年8月一部通水した東京都江東地区工業用水道で、三河島処理場の処理水を、さらに^沉澱、汙過して工業用水として供給している。その後、この再生水型工業用水道は、表Ⅱ-6-1のように建設されたが、工業用水道による給水量におけるウエイトは現在のところ大きくはない。再生水型工業水道水の初期の段階には、利用者の一部から、腐食の発生、スケール、スライムの発生、発泡など、水質に起因するクレームがあったと報告されている。

これらの再生水型工業用水道が計画されたのは、需要地の近くに放流される多量の下水処理水に着目し、試験的に実施に移されたケースと見てよい。再生水型工業用水道が布設された地域でも、その後、天然水型工業用水道が布設されてきたように、工業用水道も、まだ全面的に再生水に依存する段階にまで至っていない。

表-Ⅱ-6-1 下水処理水を水源とする工業用水道

工業用水道名	水 源	給水能力 $m^3/日$	給 水 量 $m^3/日$	処 理 の プ ロ セ ス
川 崎 市 工 業 用 水 道	入江崎下水処理場	30,000	18,800	下水処理水→塩素滅菌
名古屋市工業用水道	千年下水処理場	57,000	30,000	下水処理水→凝集沈殿→砂汙過→塩素滅菌
江東地区工業用水道	三河島下水処理場	376,000	167,000	下水処理水→凝集沈殿→砂汙過→塩素滅菌
大阪市工業用水道	津守下水処理場	60,000	(休止中)	下水処理水→凝集沈殿→砂汙過→塩素滅菌

(注) 東京都芝浦下水処理場では、下水処理水を300/ m^3 日程度、国鉄(洗用車)及び屠場へ送っており、また、場内雑用水として10,000/ m^3 日を砂汙過して使用している。北九州においても下水処理水が工業用水として供給されているが、市と企業との契約にもとづくものである。

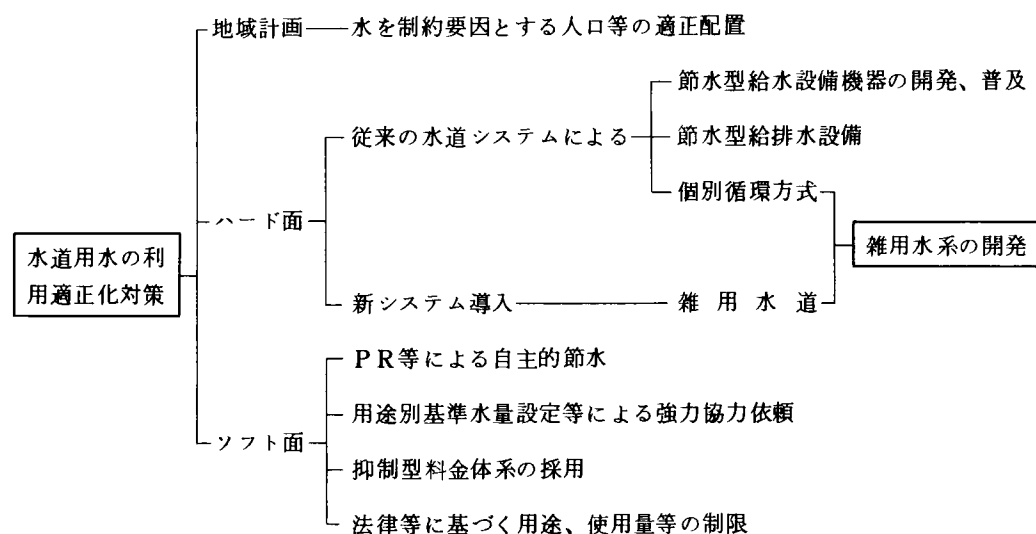
従来、水道水がカバーしてきた用途に下水処理水を利用しようという検討が開始されたのは、昭和49年代前半からであり、上記分類の(3)(4)に該当する雑用水道に相当する。

(3) 都市開発と雑用水道

下水処理水の再利用が都市開発の面から検討され始めたのは、厚生省の行った「北摂、北神広域水道調査」(昭和43年度)からであり、この場合は水資源開発のテンポが需要の伸びに追いつかず、既開発区域の需要量さえもまかないきれない状況下であった。そこでは、限られた水量で、最大限の人口を養うための手段として雑用水道が検討され、2元給水により約1.6倍の人口を有する新都市の建設の可能性が明らかにされたが、コスト面での隘路が打開できず、調査段階を出ることはできなかった。

水資源開発に関する各般の施策が展開されてきたが、水資源の需給バランスは改善されないまま、河川開発の限界が認識されるようになり、水の有効利用の必要性が強調され、その方策として図Ⅱ-6-1の方法が提唱されている。この段階になると、雑用水道の開発理由に、限られた水資源のもとでの都市の生存のためという一項が加わった。

図Ⅱ-6-1 水道用水の利用適正化対策

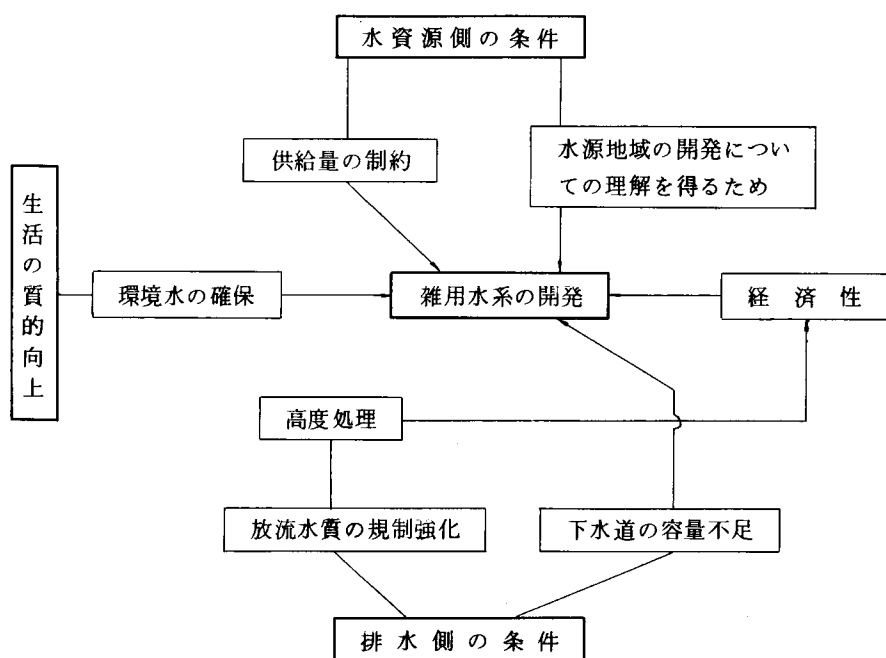


(注) 厚生省、「都市用水の利用適正化対策について」(昭48)

一方、排水規制の強化が雑用水道計画を促進させている側面も指摘できる。新規開発の場合、放流水質は通常の排出基準より厳しい条件が付くことがあり、下水処理場に高度処理を適用すれば良質の処理水が得られることとなる。この水をそのまま放流するよりはもう一度循環利用の方が経済的である場合には、比較的スムーズに雑用水道が実現することとなる。また、既成市街地の再開発にあたって、下水道側に水量の点で受入れ限度容量が存在する場合にも、下水道への^放対流量を抑制するため、循環利用が行われるようになる。

より広い視野のもとでの用水排水計画の考察も行われているが、直接的要因を図Ⅱ－６－２にとりまとめておく。

図Ⅱ－６－２ 雑用水系の開発要因



Ⅱ－６－２ 使用目的と水質の考察

(1) 生活用水の用途区分

水の供給システムは従来、生活用水、工業用水、農業用水、発電用水という大区分で計画されてきた。図Ⅱ－６－３の類型Ａの区分である。

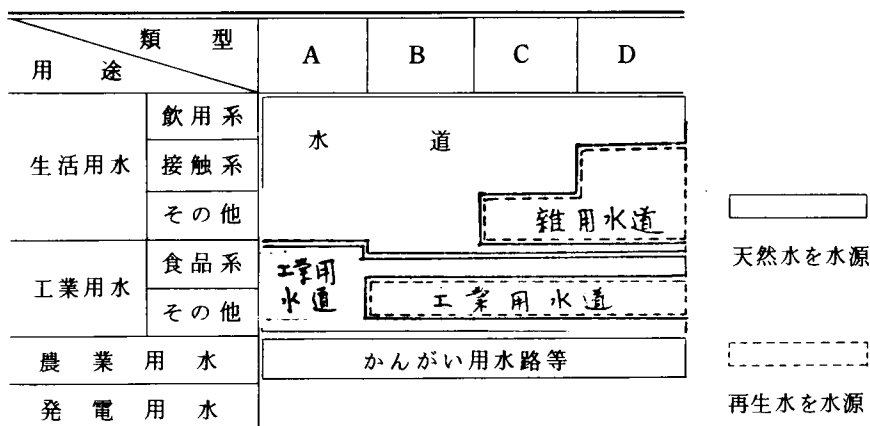
再生水型工業用水道を導入すると、その用途から清涼飲料水の原料水のような食品へ移行する水が除外され、それらは水道水に依存することとなる。（類型B）

さらに、生活用水の分野にまで再生水型雑用水道が入ってくると、類型C又はDのように受持区分が分れることになる。ここで類型Cは生活用水の非接触系に雑用水道を導入し、又、類型Dは接触系の一部にも雑用水道を導入したものである。

供給システムの多様化により、大区分にも変更が生ずるわけであるが、以下、生活用水における雑用水道の使用目的と水質について考察する。

現在の都市において入手できる水は水道水に限定される地域が多いため、必要な生活用水は水道により供給されているとみなせる。

図Ⅱ-6-3 水の供給システムの類型



このため、水道水の用途はきわめて広汎にわたっている。

実態調査によれば、家庭における水使用については個人差が大きく、実態調査の平均値をもって一律に判断することはできないけれど、下水道の普及している一般家庭における水の用途別使用量は、おおむね次のように推定される。

飲用・炊事用水	20～30%	掃除用水	4～8%
風呂用水	15～20%	水洗便所用水	20%前後
洗面・手洗用水	5～15%	洗車用水	2～5%
洗濯用水	25%前後	散水用水	

雑用水道の施設計画を立てるにあたって、物理的に分離できる用途を考え、類型化し

表-Ⅱ-6-1 一般家庭における用途別水使用量

調査機関	調査地名	種別	単位	炊飲	風呂	洗面	洗濯	掃除	水洗便所	洗車	散水	計	備考
淀川中流総合開発調査報告書 第一編 住宅団地における水使用調査 (建設省)	桂木団地	1人当り 使用水量	ℓ/日・人	37.0	32.2	6.1	23.7	7.3	26.2	0.5		133.0	
		構成比	%	27.8	24.2	4.6	17.8	5.5	19.7	0.4		100	
	八田荘	1人当り 使用水量	ℓ/日・人	36.1	9.0	6.2	49.2	6.3	23.7	0.5		131.0	一部風呂なし
		構成比	%	27.6	6.9	4.7	37.6	4.8	18.1	0.4		100	
生活用水利用 実態調査報告書 (日本河川協会)	多摩平団地	1人当り 使用水量	ℓ/日・人	38	42	23	45	12	37			197	年平均
		構成比	%	19.3	21.3	11.7	22.8	6.1	18.8			100	
	常盤平団地	1人当り 使用水量	ℓ/日・人	33	28	26	51	14	31			183	"
		構成比	%	18.0	15.3	14.2	27.9	7.7	16.9			100	
上水道水利用動向 調査報告書 (建設省)	袖ヶ浦団地	1人当り 使用水量	ℓ/日・人	24	22	26	42	13	26			153	"
		構成比	%	15.7	14.4	17.0	27.4	8.5	17.0			100	
		1戸当り 使用水量	ℓ/日・戸	14.0	10.9	11.0	18.0	4.5	13.0	1.5	1.0	73.9	
		構成比	%	18.9	14.8	14.9	24.4	6.1	17.6	2.0	1.3	100	
泉水だより (千葉県水道局)		1戸当り 使用水量	m ³ /月・戸	3.3	2.7	1.5	4.5	1.9*	1.1			15.0	下水道は一部しか普及していない
		構成比	%	22.3	17.8	9.9	29.7	13.0	7.3			100	

(注) 「雑用水道(中水道)基準調査研究中間報告書(昭51) *は洗車・散水を含む。

表－Ⅱ－6－2 業務用ビルにおける水使用

ビルの種類	規 模 等	水洗便所用水量	冷 却 用 水 量
		総使用水量 $\times 100$	総使用水量 $\times 100$
事 務 所 ビル	大 規 模	30～50%	約25%
	小 規 模	50～80%	
病 院		20～30%	30～40%
百 貨 店		15～35%	30～50%
大 学	文 科 系	35～70%	—
	理 科 系	10～20%	

(注) 東京都首都整備局：水の循環利用適合性予備調査報告書(Ⅰ)、(Ⅱ)
昭和48.3、49.3

て水質を考察することが实际的である。この考えは、水の用途ごとに要求される水質レベルを数値をもって明確に示すことが困難である事情からみても妥当な方法である。

用途区分として、人間生活を中心におき

- (1) 径口により人間が摂取する可能性のある用途
- (2) 人体が接触する可能性のある用途
- (3) 人間が摂取したり接触したりする可能性が通常考えられない用途

の基本3区分が考えられる。

このうち、(1)については、下水系の病原生物や有害物質等が人の健康に及ぼす影響が完全には解明されていない現状においては避けるべきであり、水道水を充当するのが妥当である。

(2)(3)の用途に雑用水をあてるときの水質については、利用者の健康を保護し、快適な利用と供給の安定性を確保するため、次の条件を満足することが必要とされる。

- (1) 衛生上の問題を生じないこと
- (2) 利用上の支障がないこと

- (3) 利用上の不快感がないこと
- (4) 施設や器具の機能に悪影響がないこと
- (5) 水処理技術の安定性が確立していること
- (6) 管理水準の確保及び判定のための適切な指標があること
- (7) 水質を維持するための処理コストが合理的であること

雑用水の水質基準は、当面、それぞれの計画ごとに定めていくことが合理的と考えられる。使用目的と要求水質は雑用水道基準調査研究中間報告（厚生省委託研究、51. 3）等で議論されており、表Ⅱ－6－3のようにとりまとめた。

Ⅱ－6－3 工学的対応

(1) 雑用水道の形態

雑用水道の形態として、次の3類型がある。

- (1) 個別循環方式……建築物等の所有者が雑用系用水を自ら雑用水道により給水する方式
 - (3) 地区循環方式……建築物等の所有者が共同で雑用水道を運営し、それにより当該建築物の雑用水の需要に応じて給水する方式
 - (3) 広域循環方式……一般の雑用系用水の需要に応じて雑用水道により給水する方式
- (1)、(2)、(3)の順に規模が大きくなり、それにつれて、用水処理プロセスの安定性が増大する。しかしコストについては対象範囲が大きくなる程低下するとは限らない。

(2) 雑用水道のための技術

雑用水道に関する工学的対応としての課題は次のように考えられる。

- (1) 2系統給水方式としての合理性を求める技術。すなわち、対象範囲、用途、規模を決定する計画論としての課題。
- (2) 下水処理水を雑用水に転換させる技術。
- (3) 雑用水を確保、供給するための技術。
- (4) 安全使用のための技術。すなわち、誤接合等により水道水を汚染することのないよう、又、計画用途以外への誤使用を防止する技術

これらの課題については、既存の技術の応用あるいは組合せて解決できるものと考えられている。（ただ臨海部で塩素イオンの含有量の多い下水の場合については、特別の

表Ⅱ-6-3 用途別要求水質

水質指標	指標の意義等	A (水洗便所用水)	B (冷却用水)	C (洗濯、精洗、配水、 消火、融雪用水)	D (レクリエーション用水、 (池・噴水等))	飲料水基準	工業用水基準等
1 濁度	利用上の不快感、スケール	20度以下	20度以下 (スライム防止は10度以下がのぞましい、)	10度以下	20度以下	2度	
2 色度	同上	30度以下 (カラー使用器具を使用すれば40度以下でも可)	— (基準設定の意義なし)	30度以下	30度以下	5度	通常10度以下 ヨーロッパ基準 20度以下
3 臭気	同上	不快感を与えない程度	"	"	"	異臭なし	
4 鉄・マンガンの (合計値として)	着色、スケール	0.5 ppm程度	"	"	"	鉄 0.3 ppm マンガ ン0.05 "	
5 メチレンブルー 活性物質 (MBAS)	発泡防止	1 ppm以下	"	"	"	0.5 ppm	
6 pH	腐食	5.8～8.6	"	"	"	5.8～8.6	
7 BOD	①冷却・循環利用により濃縮、スライム、微生物増殖 ②野外・排水により腐敗の発生、DOの減少による魚等の生存阻害 ③洗車後にシミ	—	— (①) (③)	— (③)	8 ppm以下 (②常時DOが保持で まればそれ以上で可)	—	
8 過マンガン酸 カリウム消費量	同上	60 ppm程度	"	"	"	10 ppm	
9 蒸発残留物	①冷却・循環利用により濃縮、スライム、スケール・腐蝕 ②洗車後、シミ	—	800 ppm (①) (②)	500 ppm (②)	800 ppm	500 ppm	
10 硬度	スケール	—	300 ppm	—	—	300 ppm	
11 大腸菌群数	衛生上 (注)					ND/50 ml	

(注) 1) 「雑用水道技術指針に関する調査研究」報告書(5.2.3.日本水道協会)を基にとりまとめた。

2) 大腸菌群数については、プール水は10 mlの検水5本中の検出率2本以下、又公衆浴場の場合1/1 ml以下。(一般に残留塩素1 ppm程度の確保が必要)

3) 病原ウィルスについては、なお調査研究を要するが、その不活性化のためには遊離残留塩素0.5 ppmが必要。

検討が必要である。) しかし、多数の一般家庭にまで供給するとなると、意図的な目的外使用までチェックする工学的対応は困難であり、供給側のみの対応では安全性の確保は望めず、利用者側での態勢が問題となる。

こうした状況から、雑用水道水の用途を、人間が摂取したり、接触したりする可能性が通常考えられない用途に限定し、水洗便所用水及び冷却用補給水のみを対象とする考え方は妥当と思われる。なお、取扱い者を特定の者だけに限定する等十分な管理下で 사용되는、洗車用水、散水用水、消火用水、融雪用水、掃除用水、レクリエーション用水等に拡大することも、管理水準が確保できる場合は妥当な判断といえよう。

(3) 雑用水道計画の要因

雑用水道計画を左右する条件は単一ではなく、次のような各種要因により、規模がきまるものである。

- (1) 水道水の利用可能性
- (2) 雑用水道の水源の位置、水量、水質
- (3) 雑用水道水の用途と要求水質
- (4) (2)の水源から(3)の水質以上の水を得るための技術的可能性
- (5) 雑用水道水が計画用途以外に使われないような施設の計画及び管理計画の確実性
- (6) 使用者の受入れ態勢
- (7) 水道水、雑用水道水及び両者を総合した経済性

Ⅱ－６－４ 行政的考察

生活用水にかかわる雑用水道は新しいシステムであるだけに、まだ行政上の位置づけが確立されていない。試験的整備の段階から実施段階に移行する以前に法制上、財政上の制度を整備する必要があると思われる。

行政的にみた雑用水道の特徴は次の２つである。

- (1) 一般に雑用水道水の方が水道水よりコストが高い。
- (2) 雑用水道を布設することによって受ける利益は、雑用水道の対象区域に限定されない。

水質的に低級の雑用水道水が水道水より高いとなれば、雑用水道が自発的に普及する可能性はないということになる。家庭用水を供給するシステムにあっては、建設費における配管費のウエイトが７０～８０％程度を占め、２系統給水は割高となる。また、水道水の

コストは、過去において取得した資産も含め、総体的に計算するため、全体が新規投資にかかる雑用水道水のコストより安くなるケースがほとんどである。このため、雑用水道による低級水質水の方がコスト高となり、このままでは利用者の理解を得ることはできない。

水道用水の需要増は都市全体に広く発生している現象である。一方、雑用水道は当面地域的に限定され、雑用水道水の利用者は一部にとどまる。環境用水のような新規用途を除けば、水道水の代りに雑用水道水を使うことによって受ける利用者にとっての利益は経済性以外には見当たらない。現在の技術水準のもとにあっては、雑用水道は地域全体には利益をもたらすが、個々の利用者に対しては特別の利益はもたらさず、もし独立採算的に運営するならば、個々の利用者の不利益をもたらすシステムである。

このアンバランスを解消するためには、全体と部分が水道水の有効利用という観点で結びついている点に着目し、水道のサブシステムとして雑用水道を位置づけ、両者を連れいさせる方式がもっとも合理的と考えられる。そこでは雑用水道は水道にとって補完的な水源とみなすことができ、新規水道水源の開発コスト相当までは雑用水開発に投資したり、補助金を導入したりする理由が生ずる。この運用により、雑用水道水の料金を水道水の料金以下に設定することが可能となり、部分の利益も確保されることになる。

第7節 第Ⅱ章のまとめ

この章ではわが国の水道において、最近とくに新しい対応が要請されている主要な課題について、行政的、及び工学的対応の現状と問題点を取りまとめ、今後の方向について考察し、若干の提言を行った。とりあげた課題は、富栄養化に伴う水道被害、活性炭処理、浄水場排水・汚泥の処理・処分のほか、特殊な問題としてダムによる濁水の長期化現象、強酸性河川の活用、雑用水道である。

第1節は富栄養化と水道被害として、最近における水質汚濁の進行と、水道水源のダム依存度の増大に伴って、湖沼、人工貯水池の富栄養化と水道に及ぼす各種被害の態様－プランクトンによる汙過池の閉塞、異臭味の発生、マンガンの溶出等－について、現在までの各種調査報告や研究の成果を取りまとめた。その対応としては第一義的には還境行政サイドとしての規制強化であることを指摘するとともに、水道の対応としての主体をなす活性炭処理については第2節において詳述することとした。

第2節では上水道における活性炭処理の歴史的経緯と、厚生省で行った実態調査に基づくわが国の現状の解析、水質項目ごとの浄水効果の従来の研究成果のとりまとめ、USEPAの粒状活性炭濾過の設置義務規定(案)の紹介、及び今後の活性炭処理に関する筆者の所見を述べた。その概要は次のとおりである。

- (1) 欧州を中心に活性炭濾過の歴史は古い。1910年に英国のReading Corporation Waterworksで脱塩素のため炭(charcoal)濾床が設けられ、1928年にはcicagoで炭素(carbon)が初めて使用され、ほぼ同時期にドイツのHammでフェノールによる異臭(ルール川)を除去する目的で用いられた。

わが国では比較的最近まで水道原水が清浄であったため、昭和20年代までは遊離炭酸除去の実験が行なわれたていどで、昭和30年代に入って湖沼、人工貯水池における異臭対策として長崎市、松江市(昭33)、宇部市(34)等において粉末活性炭注入が行われたことに始まる。またABSによる泡立ち障害の除去のため東京都玉川浄水場でも粉末活性炭注入が行われた(昭36)。

- (2) その後湖沼、河川の水質汚濁の進行に伴って活性炭処理を行う浄水場が増大し、昭和52年に筆者らの行った実態調査では49浄水場に達している。厚生省で行った実態調査の概要は次のようである。

- 1) 活性炭処理を行っている49浄水場のうち、粉末活性炭注入によるもの34、粒状活性炭濾過によるもの15で、後者の場合はすべて粉末活性炭を常備している。またオゾン処理を併用しているものが4浄水場ある。
- 2) 水源種類別にみると、湖沼、人工貯水池及びその影響をうける河川が31(63%)で、その他の18は都市周辺の中小河川(猪名川等)、工場排水等による汚濁河川(江戸川等)である。
- 3) 平均使用日数は、湖沼等126.5日で、河川系の63日に比して長い。

粉末活性炭の注入日数は、30日未満が19(56%)、30日以上100日未満が10(29%)で季節的あるいは事故時において短期間使用しているものが大部分である。100日以上200未満3、200日以上1、常用1(印旛沼)である。

粒状活性炭濾過15のうち常用しているのは8浄水場である。常用しているものは岩沼市(阿武隈川)を除きすべて湖沼である。

4) 処理コストは、薬品費、人件費等の運営費（施設費を除く）について、粉末活性炭注入の場合、平均 $3.9 \text{ 円}/\text{m}^3$ （ $0.5 \sim 11.1 \text{ 円}/\text{m}^3$ ）で、通場処理の平均 $11.7 \text{ 円}/\text{m}^3$ の 33% にあたる。なおこのさいの注入率は平均 9.0 ppm （ $3.8 \sim 18.4 \text{ ppm}$ ）である。また平均 $3.9 \text{ 円}/\text{m}^3$ のうち薬品費は $2.1 \text{ 円}/\text{m}^3$ である。粒状活性炭~~ろ過~~については岩沼市の場合 $3.2 \text{ 円}/\text{m}^3$ で、このうち薬品費は $1.4 \text{ 円}/\text{m}^3$ であり、通常処理費 $1.4 \text{ 円}/\text{m}^3$ の 23% にあたる。

概してみれば、施設の原価償却費等を除く費用は $3 \sim 4 \text{ 円}/\text{m}^3$ であり、給水原価の全国平均 $80 \text{ 円}/\text{m}^3$ の $4 \sim 5\%$ 程度である（いずれも昭和51年度）。

以上は常用した場合の費用であるから、わが国の現状のように主として異臭対策として、その発生時において比較的短期間使用する場合には粉末活性炭の方が明らかに経済的であることが考察され、現在わが国の多くの都市で粉末活性炭注入方式がとられていることには一つの正当性があることが確認された。

しかしながら活性炭処理を常時実施している8浄水場を除き、大部分の浄水場は異臭発生時等の緊急、臨時的措置として間褐処理を行う対応では、住民の苦情を受けてからの事後措置となる例も多く、そのため一時的に取水制限や取水停止を行う例も少くない。またそのための監視体制も現時点では上流側の他都市の情報のみにたよる等、十分でない。したがって現在主流をなす事故発生－粉末活性炭注入方式について再検討を加える必要がある点を指摘した。更に筆者は次の観点から活性炭処理を見直すべきことを強調した。すなわち、USEPAの指摘するように、生活排水や工場排水に基因して、原水中には微量の人工有機化合物が含まれ、同定の結果、発がん性物質も含まれていること、これらの各種物質の相乗効果も明らかでなく、又、日常監視ができないことから、相当規模（当面給水人口7.5万人）以上の水道に対し粒状活性炭~~ろ過~~^{ろ過}を業務づける措置を予定しているように、わが国でもこれら水質項目以外の微量有害物質にかかる危惧を未然に防止するため、予防措置として原水の汚濁度がある水準以上にあるものについては、常時活性炭処理の設置を基準化することについて検討すべきことを提言した。このさいの汚濁度の表示についてはTOC、BODのような総合指標でもよいが、むしろ合田博士らの提言しているように、CCE、CAEのような処理側と分析側を結びつけるような新しい中間指標を考えることに賛意を表し、このような指標を用いて活性炭処理を行政基準化するための基礎的な研究、

及び具体的な設計指針、操作法に関する調査研究を進めるべきことを強調した。

第3節では浄水過程から排出される沈澱池スラッジ、汙過池の洗滌排水、緩速汙過の洗砂排水の処理、処分について、わが国の実態と技術上の問題点、及び今後の方向について考察し、若干の提言を行った。

わが国において浄水場からの排水処理は古くから行われ、汚泥も天日乾燥処理を行っているものもあったが、汚泥の機械脱水等の本格的な処理が行われたのは昭和39年東京都東村山浄水場においてである。とくに進展をみたのは昭和47年に水質汚濁防止法の規制を前提として、国庫補助制度が設けられてからである。

筆者らの行った実態調査では、52年現在の全国の主要363浄水場のうち、汚泥脱水法の区分で機械脱水方式172(47%)、自然乾燥方式128(35%)、他の浄水場等での処理63(18%)となっており、規模が大きい程機械脱水の比率が高い。現在なお脱水設備の整備が進められているので、全国的に機械脱水方式の比率は増大している。

このように排水・汚泥処理の歴史は浅く、なお多くの技術上の問題を残しているが、今日まで主として濃縮性や脱水性の改善、脱水機の改良開発、及び処理の効率化が迫示されてきた結果、一応の成果を得て「浄水場排水処理の手引き」(昭47、厚生省)「浄水場排水処理施設設計指針・解説」(昭和50、日本水道協会)等の計画設計上の基礎資料が提供されるに至っている。

筆者はこれら指針の概要をとりまとめるとともに、各都市のデータを基として、先ず計画時点において、例えば東京都朝霞浄水場では年2回の台風時のスラッジ量が年間発生量の67%を占めるように、わが国の多くの河川では濁度変化がはげしいから、計画スラッジ量の算定、及び高濁度時の対策について十分留意すべきことを強調した。

また今後とも単位操作について調査研究、改良開発を継続すべきことは当然ながら、加えて浄水プロセス、あるいは水道施設全体との関連において汚泥処理をどのように位置づけるかについて研究すべきことを強調した。すなわち、浄水－排水・汚泥処理－最終処分(有効利用を含む)のプロセスで、例えばアルミニウム添加量の低減、ポリマーや助剤の種類及び注入率の再考、攪拌方法の再検討、更に沈澱池を省いた直接汙過法の採用等、浄水施設の設計や操作の変更によって、スラッジの濃縮性や脱水性の改善の可能性がある。また最終処分段階への配慮として輸送に適合する含水率、処分後の地下水や植物

等への影響の有無、処分地の跡地利用を考慮したケーキの土質学的性状の改善を図る必要性があり、そのために乾燥、焼成技術、その他有効利用のための処理方法の研究等を進めるべきことを強調した。

また水道施設全体との関連については、前述のように例えば朝霞浄水場の場合に2回の台風期の発生量が年間の67%を^占示める等、量的には高濁時対策が重要であることを指摘したが、これに対して例えば水源の選定条件として濁質量及び質について十分な配慮を払うべきこととし、あるいは高濁時は取水停止することとして、そのための配水池の増強、水系の異なる原水や浄水の相互融通についても検討する等の配慮が必要であることを強調した。

さらに排水・汚泥の処理・処分には高度な技術と費用を要し、とくに小規模ではコストが嵩むので、中小規模浄水場では共同処理を行うことを推奨し、例えば各浄水場では、量の均等化のための調整機能を保有せしめ、濃縮-脱水-処分は共同化する等について検討する必要があることを強調した。

また当然ながら計画段階での浄水プロセス、水道全体での整合性については、技術性と同時に設備費、管理費及び処分費にかかる経済性について配慮すべきことを付言した。

第4節ではダムによる濁水の長期化現象と水道への影響について、新宮市浄水場の資料に基づいて現象的に考察した。

新宮市浄水場の原水水質の経年変化をみると、吉野、熊野総合開発計画による一連のダム群の建設が開始されて、30年度以前の年間平均濁度は1～4度であるのに対し、31年度以降のそれは14～70度（大部分は20～40度）で、その年度の台風等による出水のていどによって差はあるものの、原水水質の平均濁度は著しく上昇した。90日は超えない濁度、及び10日は超えない濁度をみると、それぞれ29年以前の1～3度、及び23～28度であるのに対し、30年以降は20～40度、及び75～400度に達しており、濁質成分の増大とともに、長期化していることが明らかに推察された。

これに対する水道側の対応として新宮市では緩速汙過を急速汙過に変更した。また吉野川早明浦ダムの場合は、池田町は同様に緩速汙過を急速汙過に変更し、又、本山町では水源を他（支川）に求める措置がとられた。いずれの水道も変更事業が完了するまでの間、浄水機能の低下に伴う時間給水措置がとられた。

環境庁調査の「一ツ瀬ダム貯水池における濁水長期化現象とその対策」（昭47.11）では、湖沼等での温度分布による成層及び循環の現象を基本とし、洪水の流入によってこの温度分布が破壊ないし変形されて、取水口付近の高濁度が長期間継続する場合が問題であり、夏の成層期に小規模出水時では表層躍層が破壊される程度であるが、中規模洪水では洪水が2次躍層上に流入して攪乱し、下層水を連行し、又、大規模洪水では2次躍層を破壊して濁度分布が全体に及び、通常中間流を取水（放流）するから、この部位の濁度が上昇するような中規模洪水、及び大規模洪水の場合は長期間濁水が継続するとしている。

またダムでの対応策として選択取水があるが、温度層が破壊された場合は無効である。したがって成層の再成を待たなければならないが、表面取水設備の設計にあたっては、どの程度の成層で表面取水に切替えるか、限界取水流速及び取水深をどうするかについて十分な検討が必要であると指摘している。

水道にとって新規水源の多くはダムに依存せざるを得ない状況にあるが、上述のような濁水の影響は大であるから、ダムでの対策、及び水道での対策について、事前にダム築造に伴う影響を評価し、所要の対策を予め講じておくべきことを強調した。

第5節では、特殊問題の一つとして強酸性の河川水を水道水原として利用する計画例について紹介し、若干の考察を加えた。

火山国であるわが国には強酸性の温泉排水や硫黄鉱山の坑内水等によって河川水が酸性化し、水棲動植物の生存と^と否定しているような河川がいくつかある（北上川、吾妻川系）。一般にこれらの河川流域ではその水質改善が主として経済的に困難なため、流域一帯の社会経済的發展を阻害している。一方わが国の水需給は逼迫しており、このような河川の活用についても考えざるを得ない地域が存在する。

ここで紹介したわが国唯一の酸性河川の上水道利用の例は、堤川水系荒川を水源とする青森市上水道である。同市は従来主として深井戸に依存してきたが、地盤沈下の影響が顕在化したため、地下水の一部を廃止し、表流水に切替える計画を推進してきたものである。

勿論、同市周辺の諸河川について詳細な調査結果に基づき次善の策として決定され、筆者ら厚生省とも十分事前相談の上事業決定したものである。

酸性河川を水道水源として活用するさいの水質改善対策を大別すると、発生源対策、河川水質改善対策、及び浄水操作の各段階が考えられる。

発生源対策については、中和処理（吾妻川）、希釈水の導入が考えられるが、河川水質全体の改善については、諸対策の技術的効果、対策費、農水産業、上水道、観光その他河川環境の保護、利用度の拡大、河川維持費の節減等の効用等について総合的な評価を行ない、施策を決定すべきであり、筆者らの作った北上川における調査から事業実施に至るまでのフローチャートを示した。浄水操作の段階では浄水場での中和処理で、濁質除去のための凝集効果と水質基準に適合させるために必要である。青森市の場合山元及び河川での水質改善が行われないものとして、浄水場での処理を予定した。この場合酸性河川の通例であるカドミウム、ヒ素等の有害重金属を含有しておらず、pHのみが問題であった点が技術的には有利であった。したがって付加される浄水費は中和処理だけであり、それに要する薬品費は $3.19 \text{ 日}/\text{m}^3$ と試算されている。このように技術的、経済的に酸性河川の利用が可能な場合であっても、このような酸性河川には毒水という概念が地元住民に行き渡っているから、住民の説得には特段の配慮が必要であり、筆者らも住民代表を含む委員会によって十分検討することを示唆した。委員会でとりまとめられた「堤川の水道水源に関する意見書」（昭5 1.1）は今後このような酸性河川を水道に使用するさいの問題点が網羅されており、とりまとめて紹介した。

第6節では主として生活排水の再利用による雑用水道について、その必要性と供給システムの概念、供給対象と水質上の要件について、主として筆者らが調査研究した成果を中心にとりまとめるとともに、今後の工学的、及び行政的対応について若干の考察を加えた。

雑用水道は人の飲用に供することを意図しない生活用水を供給する施設として定義される。人間生活にとって飲用系の水は不可欠であるから、雑用水道は第2の給水系統となり、両者あわせて2元給水といわれる。また多元給水ともいえる。現在までのところ、下水処理水の再利用の例として、(1)下水処理場内での消泡、ポンプ水封、汙布洗滌、清掃、散水、水洗便所用水、(2)工業用水、(3)工場、ビル等の雑用水、(4)住宅団地の雑用水等がある。雑用水道の開発要因は、1)水供給の制約、2)排水処理側の要請（高度処理）の両側面があるが、とくに地域の水道用水の利用適正化対策全体の中での位置づけが重要である点を強調した。

使用目的と要求水質は雑用水道基準調査研究中間報告書（昭5 1.3、厚生省委試研究）等で議論されており、とりまとめておいた。

用途区分としては、(1)径口的に人間が摂取する可能性のある用途、(2)人間が接触する可能性のある用途、(3)人間が摂取、又は接触する可能性が通常は考えられない用途にわけて考えることができるが、(2)、(3)についても、1)衛生上、利用上の支障、2)利用上の不快感3)施設や器具の機能への悪影響がないことが水質上の要件であり、又、4)水処理技術の安定性、5)管理水準の確保、6)処理機能判定のための適切な指標、7)合理的な処理コスト等について実用技術として確立されることが必要である点を指摘した。

また雑用水道の形態として、(1)個別循環式、(2)地区循環式、(3)広域循環式の3類型が考えられ、その工学的な対応としての課題は次の諸点であることを指摘した。

- (1) 2系統給水方式としての合理性を求める技術、いかえれば対象範囲、用途、規模を決定する計画論としての課題。
- (2) 下水処理水を雑用水に転換させる技術。
- (3) 雑用水を安定的に確保し、供給するための技術
- (4) 安定使用のための技術。例えば誤接合等により水道水を汚染することのないよう、又、計画用途以外への誤使用を防止する技術。

これらの課題については、既存の技術の組合せ、又は応用で解決できると考えられているが、一般家庭にまで供給するとなると、誤使用や意図的な目的外使用までチェックする工学的対応は困難であり、したがって供給側のみの対応では安全性の確保は望めず、利用者側での態勢が問題となる。このような観点から、雑用水道の用途は人間が摂取、又は接触することとない用途に限定し、かつクローズな供給が可能な水洗便所用水及び冷却用補給水のみを対象とする考え方が妥当であろうことを指摘した。なお取扱者を特定できる等の十分な管理下で使用される、洗車用水、散水用水、融雪用水、消火用水、清掃用水、レクリエーション用水等に拡大することも、管理水準が確保できる場合も実用可能性があることを述べた。

生活用水にかかる雑用水道はまだ行政上の位置づけが確立されていない。現在の試験的設置の段階から近い将来の実施段階に移行する以前に法制上、財政上の制度を整備する必要がある。行政的にみた雑用水道の特質は、(1)一般に雑用水道水の方が上水道水よりもコストが高いこと、(2)雑用水道による受益は、水需給の均衡上の役割を果たすから、地域全体に及ぶもので、雑用水道の対象区域に限定されないことであろう。

水質的に低級の雑用水道が上水道水より高いとなれば、利用者の理解を得ることはできず、雑用水道が自発的に普及する可能性はなく、逆に利用者にとって雑用水道水を使うことによって受ける利益は経済性以外には見当らない。また(2)のように雑用水道は地域全体に利益をもたらすが、個々の利用者には特別の利益はもたらさず、もし独立採算的に運営するならば、コスト高が全体に及びむしろ不利益をもたらす。

この矛盾を理解するためには、全体（水道）と部分（雑用水道）が水道水の有効利用という観点で結びついている点に着目し、雑用水道を水道のサブシステムとして位置づけ、両者を連けいさせる方式が最も合理的と考える。そこでは雑用水道を水道の補完的な水源とみなすことができ、新規水源の開発コスト相当まで雑用水道の開発に投資したり、補助金を導入したりする理由が生ずる。この運用により雑用水道水の料金を水道水の料金以下に設定することが可能となり、部分の利益も確保されることになる。

第Ⅲ章 水道水とその原水の水質基準等に関する考察

飲料水等の生活用水が、人の健康上の安全性や生活利用上の利便性、快適性の観点から、いかにしてその水質を表示するかについて努力が払われてきた。それは主として細菌学や化学の分野における細菌の同定、化学物質の分析あるいは毒性に関する研究の累積にほかならないが、水道技術にとって行政運用上あるいは水道事業遂行上、供給する水の適否の判断、原水水質とその浄水効果の検討等、一連の水質管理を科学的に評価するためには、適確に水質を把握することが何よりも必要である。

本章では、先づわが国における水質表示を歴史的に概察するとともに、今後の水質基準のあり方、及びその運用上の留意点について考察した。

さらに最近における水道水源の汚濁の進行を背景として、その原水水質に着目して、その表示法、及び基準値について諸外国の事例も含めて考察した。水道にとってその原水の水質特性を適確に把握することは、その原水に適応する浄水方法を選定し、及び日常の浄水管理法を明らかにする上で重要である。いいかえれば原水水質は、窮局の目標である飲料水の水質基準（以下水質基準という）に適合するよう、原水と浄水の間に介在する浄水操作——浄水設備と浄水管理——の技術水準によって評価することができる。

今日の技術をもってすれば、いかなる原水水質でも、水質基準に適合するよう浄化することは可能であろう。しかし浄水操作の能率性、経済性、及び管理の技術水準等、実用上の可能性を考慮すれば、採択し得る浄水法には自ら限界があり、その限界に対応する原水水質がある。

そしてこの限界の中で、原水水質の良否によるある区分と、それに対応する浄水方法があり、行政技術上もいくつかの類型化が行われている。

筆者らも関与した「水道施設設計指針・解説」（S 5 2）においては、浄水方法の選定の目安として、浄水方法の区分別に、代表的な水質指標とその濃度等の関連、及び浄水管理上の留意点を示している。またこれを補完するために厚生省からの指導指針（4 6・6）等もある。又、「水道施設維持管理指針」においても水質管理上の留意事項を主要な水質指標について示している。

これらの浄水操作上の浄水効率及び浄水コストからみた現実性のある技術水準を背景に、飲料水の水質基準の各指標、及び流水の汚濁度を表示する上で重要な指標に関し、原水水質をいくつかの類型に区分して作成された「水道の原水基準」がある。これは、われわれが水質基準研究班（田辺弘班長）の協力を得て昭和45年に作成したものであり、生活環境審議会の答申をえて公表されている。これを基として現行の公害対策基本法に基づく、公共用水域の水質の「環境基準」が定められている。すなわち、現行の「環境基準」は、魚介類汚染を考慮した総水銀及びPCBを除く健康項目、並びに河川（AA、A、B）及び湖沼（AA、A）にかかる生活環境項目の基準値は、ほぼこの「原水基準」に従って定められている。

この「原水基準」は、主として凝集沈殿―急速濾過法を想定し、一部の項目については急速濾過法につき配慮したものである。わが国の原水の汚濁度及び浄化法の実態（表Ⅲ―a、表Ⅱ―2―1）からみて、主として急速濾過法の浄化効率を基として「原水基準」を定め、水質汚濁防止の行政目標を主張することは適当であり、かつ必要と考えるが、現在すでにこの「原水基準」を超える原水があり、これに対し活性炭処理等の高度処理を行っている点に着目する必要がある。米国、ソ連等でもわれわれが示した「原水基準」と同様に、急速濾過法を標準として水道用の原水基準に類するものを発表している。又、OECDは一つの研究報告として、高汚濁水の技術的、経済的に実用可能な浄水技術として、いくつかのプロセスを想定し、原水水質と浄水後の水質、及びコストの試算を行っており、高汚濁水の水質限界の一つの目安を与えている。

わが国の場合、既存水源の水質改善が大きく期待できないものもあり、又、清浄な新水源の取得も今後益々困難となる情勢にあり、加えて高汚濁水の利用については、住民感情からの抵抗もあるので、説得力ある対応が要求されることから、現在行われている急速濾過法を中心とし、一部に主として活性炭注入による異臭味対策程度の対応で事足りりと考えすることは危険である。今後公共下水道の普及と高度な処理が進むであろうが、アンモニヤ性窒素や溶解性の有機物質についてはなお増大することが考えられることから、これら有機汚染への対応に関心をもって浄水操作にかかる技術的研究を重ね、実用できる準備をする必要があろう。

また、水質汚濁防止上の行政目標を与える環境基準が設定されているが 筆者が水質保

全行政に掌わって、環境基準の類定指定を行う過程で、現行制度の運用上いくつかの疑問を感じ、臨機にその運用を図ってきた。ここではこの経緯^驗に照して環境基準とその運用上の諸問題について考察した。

表・Ⅲ－a わが国の浄水法別の年間浄水量（昭和49年、水道統計）

浄水法	施設数	全左構成比	年間浄水量	全左構成比	1施設平均 浄水量
消毒のみ	1,088	% 46.2	$\times 10^6 m^3$ 2,901	% 23.7	$m^3/日$ 7,305
緩速戸過	393	16.7	958	7.8	6,678
急速戸過	652	27.7	7,978	65.2	33,524
特殊処理	223	9.5	407	3.3	5,000
計	2,356	100.1	12,245	100.0	14,239

注 1) 特殊処理は除鉄、除マンガン等をいい、臨時に活性炭注入等を行っているもの、補助的にオゾン処理、過剰塩素処理を行っているものを除く。

2) 昭和52年現在、粉末活性炭注入又は戸過を行っている浄水場は49カ所ある。

(表・Ⅱ－2－1)

3) なお、沈澱池の形式別にみると次のようである(計画ベース)

普通沈澱池	343池	$1,813 \times 10^3 m^3/日$	(3.7%)
薬品 "	1,257 "	$16,023 \times 10^3$	" (32.2%)
傾斜板 "	454 "	$22,623 \times 10^3$	" (45.4%)
高速凝集 "	667 "	$9,380 \times 10^3$	" (18.8%)

第1節 我が国の水道水質基準の変遷

Ⅲ－1－1 飲料水の水質管理の創始期

我が国における近代水道は、明治20年(1887)の横浜水道の創設に始まる。それまでの水道らしき施設としては、戦国時代から江戸時代に主として築造された神田上水、

玉川上水、金沢上水、水戸上水、福山上水、名古屋上水、鹿児島上水等自然の湧水、溪流水を木樋や開きょ等によって導入する施設がわずかにあった。その他の地域では、飲用水はそのほとんどを井戸によってまかなっていた。これらの飲用水の供給施設は、浄水処理施設を併わなかったとともに、汚物や汚水の混入の危険もあるものであった。またコレラをはじめ、腸チフス、赤痢等の消化器系伝染病の流行がしばしば生じており、明治初年以降の状態は、図I-1-1に示したとおりである。

水の汚れを科学的客観的に判定しようとする考え方は、明治に入り、文明開化の中での欧米文明の移入にともなってもたらされ、明治7年(1874)10月には、東京司薬場(現在の国立衛生試験場の前身)は、同場ドイツ人教師Dr. G. マルチンにより玉川上水の分析試験を行い、東京府に報告している。これが我が国における初めての水質分析であると考えられるが、その分析内容は、「此上水ハ清澄ニシテ毫モ臭気ナク、且ツ味ナク、「コロールバリューム」及び硝酸銀液ヲ加ヘテ、少モ沈殿ヲ生ゼズ、蓚酸「アンモニアキ」ニ由テ、只ニ僅ニ濁濁ヲ生ズ、金液及び過マンガン酸加里ハ、此水ニ由テ少モ分離セズ。」

「此上水10リートル即チ壹万立方センチメートル中、左ノ固形成分を含ム。炭酸曹達0.10738グラム、炭酸加里0.00176グラム、炭酸石灰0.23750グラム、炭酸亜酸化鉄0.00493グラム、総計0.35237グラム」と記されている。

明治11年(1878)になって、政府は、防疫上の見地から、飲料水注意法(明11.5、内産乙18)(資料-1)を全国に通達して、井戸及び流しの破損改修、井戸の汚水排水施設の築造、汚水溜及び便所と井戸との間隔の保持、井戸近傍における汚物の洗滌禁止、井戸水に汚濁臭気のある場合の検査実施、年1回以上の井戸検等について注意を促した。地方もまた、これにならい、東京府では警視庁が明治11年(1878)10月、神田・玉川上水取締令、同14年(1881)12月、飲料水営業取締規制を、兵庫県では同11年(1878)9月、飲料水取締規則を、大阪府では同19年(1886)7月井戸取締規制をそれぞれ公布した。

このころ、最も進んでいたと考えられる水質分析項目については、イギリスから東京大学へ分析学等の教授として来日していたアトキンソン(R. W. Atkinson 1850~1929、明治7年(1874)来日、明治14年(1881)帰国)が、明治10年(1877)11月東京大学で行った講演会での発表論文の中にあげている神田上水、玉

川上水等についての水質分析項目（表Ⅲ－１－１）から推測することができるが、この中には、現在の試験方法からみると、鉍質窒素、Previous Sewage Contaminationなどの極めて耳慣れない項目もあるものの、塩素（塩素イオンの意）、アンモニアに関しては原則的には今日と変わらないことを行っていることがわかる。

さらに、明治１８年（１８８５）に北里柴三郎の著した「衛生上飲料水簡易試験法」には表Ⅲ－１－２に示す１４項目の試験方法が述べられており、この中では、微生物等の発見のための顕微鏡試験が含まれている点が注目される。

また、明治１７年（１８８４）から翌年の３月までの１年間、毎月１回の定期的水質試験が東京府衛生局東京試験所の手により、神田上水及び玉川上水について行われた記録があり、定期的試験の原点として注目される。

表－Ⅲ－１－１ アトキンソンの行った水質分析項目

項 目	方 法
1. 固 形 物	検水 100cm ³ を水浴で蒸発させ、器底の残渣を 110℃ で乾固、定量する。
2. 塩 素	硝酸銀標準液によって測定する。
3. 遊 離 ア ン モ ニ ア	検水を蒸留して、その留分をネスラー試薬で定量する。
4. タンパク質類似アンモニア (Albumenoid Ammonia)	過マンガン酸カリのアルカリ溶液とともに煮沸し、留分中のアンモニアを3.の方法で測定する。
5. 酸 化 窒 素	遊離アンモニアを蒸発させた後の検水を水酸化カリウムと粉末亜鉛で処理するとアンモニアに変化して遊離する硝酸塩と亜硝酸塩を3.の方法で測定する。
6. 鉍 質 窒 素 (Total Mineral Nitrogen)	雨水中にアンモニアと酸化窒素の形で含まれる窒素の平均量を除去して水中に残留する窒素。
7. Previous Sewage Contamination	過去においてその水に混交した汚物量。雨水 100万部あたりに含まれる化合窒素の量を 0.32 とみなし、この数値を遊離アンモニアと酸化窒素の窒素の総計から差引いたもの。
8. 石 灰 塩 類	炭酸カルシウムなど

（塩川久男「R. W. アトキンソン」化学史研究（1977.6）による）

表－Ⅲ－１－２ 北里柴三郎による飲料水簡易試験項目

(第一) 透明及着色	(第八) 硝 酸
(第二) 臭 気	(第九) 安 母 尼 亞
(第三) 有 機 物	(第十) 硫 化 水 素
(第四) 格魯兒抱合物	(第十一) 石 灰
(第五) 硫酸及硫酸塩類	(第十二) 麻痺渥失亜
(第六) 炭 酸	(第十三) 鉄
(第七) 亜 硝 酸	(第十四) 鉛及び顕微鏡的 水試験

一方、明治10年代には、消化器系伝染病、殊にコレラの流行は著しく、死者10万人を越す流行が2度もあり、中央衛生会※は、明治20年（1887）6月30日建議文を提出し、コレラ予防のため、上下水道布設の急務であることを指摘し、政府は同年6月「水道敷設ノ目的ヲ決定スルノ件」を閣議決定し、水道布設の目的は、衛生の確保、特に悪疫流行の予防にあるため、水道の経営には、営利主義を排し、地方公共団体による布設経営を原則とする旨の基本方針を明らかにした。

さらに、政府は、中央衛生会の建議の趣旨にそい、上水道の普及を図り飲料水に起因する伝染病の防止に努めるため、明治23年（1890）、水道条例（明23.2.13法9）（資料-2）を制定した。

このような状況のもとで、上水道建設の気運は、港湾都市を中心に高まり、神奈川県は、明治16年、イギリス人技師パーマーの指導の下に横浜市水道の調査を開始した。この水道は相模川水系の道志川を水源として、44km導水を行い、横浜市内野毛山浄水場で浄水し、計画給水人口7万人、計画一日最大給水量5,700m³の水道として、明治20年10月17日に給水を開始した。

パーマーは、このほか、大阪市、神戸市の水道の調査設計にも従事し、また、イギリス人技師バルトンは、東京市はじめ10都市の水道の調査設計を行い、これらの人々の活躍により、明治の末期には、全国で23水道が給水を行うこととなり、計画給水人口は418万人となった。

この当時、近代水道の計画の際の水質検査は、布設計画を立案した技術者が直接行ったものではなく、衛生関係機関に依頼されていた。たとえば、横浜市の水道創設のための水質検査は、官立横浜衛生試験所が、明治16年（1883）3月から5月にかけて行ったし、甲府市水道では、年代が少し降った明治34年（1901）1月に水源の水質試験を山梨県病院附属衛生試験所に依頼して行い表Ⅲ-1-3に示す項目の検査を行った。このように当時の水質試験は、国立の衛生試験所や県の衛生試験所（県立病院）などが主として行っていた。また水質管理上の水質試験も他の機関に依頼して行われていた。東京市水道では、明治35年（1902）から、昭和19年（1942）水道局内に組織が設けら

※ 内務省に明治12年（1879）設置され、全国の衛生事務所に関する諸件を審議した。

れるまでの40年間、東京市衛生試験所が担当していたほか、横浜市では、当初内務省横浜衛生試験所が、大正2年からは、市営十全病院が担当し、大正7年（1918）から、水道局内の水質試験所の担当となった。また、他の大都市においても、第2次大戦前は、各々衛生研究所等に依頼しているのが大部分であった。すなわち、大都市においても自己水質検査が水道事業の中に位置づけられたのは、かなり後年になってからといえる。

これらの各都市で行われていた水質試験の技術的内容はまちまちであり、また、当時の水道条例の中には、第3条で、水道を布設する際の認可手続で内務大臣に提出する目論見書の中に水源水質の分析表を添付するよう規定されていたものの、具体的な項目の指定はなされていなかった。（後に大正10年（1921）の改正の際、項目の指定がなされた。）このような背景をもとに、当時、東京市衛生試験所長だった遠山椿吉（1857～1929）の提唱により、明治37年（1904）3月、上水道を持つ各都市の関係者が東京市に集まり、「上水試験統一のための協議会」が開催され、その結果、協定試験法が制定された。同協議会は広く上水道に関する問題を討議するため、「上水協議会」と改称し、毎年会議を開くこととなり、後に昭和5年（1930）水道協会へと引き継がれることになる。

表－Ⅲ－1－3 甲府市水道水源水質調査項目（明治34年）

色	濁	臭	味
残	渣	格	魯
硫	酸	硫	化
硝	酸	亜	硝
磷	酸	有機質（酸素消費量）	
安	母	石	灰
尼	亜	細菌聚落数	
総	硬		
度			

Ⅲ－1－2 協定試験法（1904）の概要

協定試験法では、採酌法・化学的試験法、細菌学的試験法及び飲料適否の判定基準値が定められた。まず、採酌法としては、水源（年2回）、浄水場（汙池、溜池、浄水場、沈澄池は毎日1回を原則）、給水栓（頻度指定なし）において検査するものとし、採水方法等も定めた。化学的試験法は14項目について、細菌学的試験法は培養方法について定め

ており（表Ⅲ－１－５）、このうち、アンモニア、クロール、有機物の定量（過マンガン酸カリウム消費量）、臭気の検査方法は、現在の水質基準の該当項目と原理的に同じ方法であったことが注目される。飲料適否の判定基準としては、６要件（関係項目数は１２）があるがそのうち、臭味、亜硝酸及びアンモニア、過マンガン酸カリウム消費量の基準値については、現在の水質基準の該当項目と同じであった（表Ⅲ－１－４）。なお、基準値を超えるものについては、改善の方法が実行されるまでの間は、煮沸の後飲料するようとの規定があり、重金属関係の基準は鉛についてのみであったことと、この指導規定から見ても下水、し尿等による細菌汚染、有機物汚染を中心に検査が行われていたことがわかる。

Ⅲ－１－３ 協定試験法の改訂から第２次大戦まで

明治３７年（１９０４）の協定試験法制定後、上水協議会は毎年開催され、水質試験関係のほか貯水池における藻類、汙過池における水中生物、緩速汙過速度と水質、汙過砂の試験方法制定の必要性、硫酸ばんどによる沈澄法の研究、鉛管からの溶出鉛量等が議題として討議された。また、明治４１年（１９１０）の総会の際決められた浄水場関係者の健康診断は、明治４５年（１９１４）の東京都におけるコレラの流行時に励行される等の成果もあった。

大正時代に入ると水の消毒が議題にのぼるようになり、大正１１年（１９２２）には、横浜市水道で液体塩素による消毒が開始された。大阪市水道でも大正１２年（１９２３）に塩素注入器を購入し、大正１４年（１９２５）から昭和３年（１９２８）ごろには、大都市水道では一応塩素消毒の態勢が整った。

しかし、当時は常時注入は行われず、必要に応じて、０.２～０.５ ppmの注入率で実施されていた。

一方、大正１０年（１９２１）７月には水道条例が改正され認可申請時に提出する目論見書に添付する水質試験結果については、表Ⅲ－１－６の１２項目の試験結果を記載することとなった（内務省令第２２号）。

このように水質管理に対する技術と関心が次第に高まっていくなかで、協定試験法には種々の小幅な手直しが重ねられていったが、大正１３年（１９２４）ごろから試験方法改定への動きがあり、大正１５年（１９２６）の総会において改定された。改定内容は表Ⅲ

— 1 — 5 の 2 のとおりであるが、その主な改正点は理化学試験において温度の測定法と鉄の定量法が追加されたこと、亜硝酸の試験方法の改訂などであり、細菌学試験において、一般細菌の培養に、従来、肉越幾斯膠質培養基を使用していたものを、寒天培養基又は膠質培養基に改めたこと、大腸菌の試験方法が付則として付加されたこと等であった。また、改正協定上水試験法による水質判定基準値は表Ⅲ—1—4の2のようになった。

表—Ⅲ—1—4 水質判定基準値の推移

	1 協 定 試 験 法 (1904)	2 改正協定上水試験法 (1926)	3 水協協定上水試験法 (1936)	4 飲料水判定標準 (1950)	5 水質基準に関する省令 (1958)	6 水質基準に関する省令 (1966)
アンモニア性窒素	} 不検出 (アンモニア) (亜硝酸)	含有せざること(アンモニア) 含有せざること(亜硝酸)	不検出 不検出 5 30	} 同時に検出しては ならない	}	}
亜硝酸性窒素						
硝酸性窒素	異常でないこと(クロール)	30 (土地により) (クロール) (100まで可)	100 不検出	10 200	}	}
塩素イオン						
過マンガン酸カリウム消費量	10 100 (細菌聚落数)	70	100	10cc ずつ5本とも陰性	不検出/50cc	不検出
一般細菌	適宜良否を判断	証明せざること	不検出 0.3	不検出 不検出 不検出 0.7 0.3 0.3 1 0.1 0.05 0.05 1.5 300 (約17*)	不検出 不検出 不検出 1 0.3 0.3 1.0 0.05 (クロム) 0.8 300	不検出 不検出 不検出 1.0 1.0 0.05 0.005 (フェノール) 0.005 (フェノール) 50 200 不検出 5以上 5.8~8.6 5° 2°
大腸菌群						
汚水性生物						
シアンイオン						
水 銀						
有機りん						
銅						
鉄						
マンガン						
亜鉛						
鉛	異常でないこと 異常でないこと(固形物総量)	18° 500 (固形物総量)	(蒸発残渣)	0.001 (フェノール)	0.005 (フェノール)	フェノールとして 0.005 0.5
六価クロム						
カドミウム						
砒素						
氟素						
硬度						
蒸発残留物						
フェノール類						
陰イオン活性剤						
硫酸イオン						
硫酸酸度	異常でないこと(臭味)	小量なるべきこと(硫酸)	中性、弱アルカリ性、微弱酸性 (反応)	5.8~8.0	5.8~8.6	}
硫酸酸度						
アルカリ度						
硝 酸						
pH						
臭 気						
色 度						
濁 度						
外 観						

注) 表現方法は略記した。
() 内は項目名が最左欄と異なるものである。
--○--は左に同じであることを表す。

昭和10年(1935)には、さらに試験方法改定の気運が盛りあがり、水道協会内に水質試験に関する委員会が設けられ東大教授野辺地慶三を主査として検討が行われた結果、昭和11年(1936)10月「水道協会協定上水試験法」として表Ⅲ—1—4の3、表Ⅲ—1—5の3のように定められた。これにより、新たに、硝酸性窒素、銅、鉄の基準値が追加され、色度、濁度の基準値が数値化された。一方、硫酸イオン、硝酸については、

基準値を定める項目からはずされることになった。さらに昭和15年(1940)には、浮遊性生物の採集法、総量計算方法等を定めた生物学的試験方法が協定上水試験法に追加され、理化学的、細菌学的、生物学的試験のすべてが包含されることになった。

表-Ⅲ-1-5 水質検査方法の推移

	1	2	3	4	5	6
	協 定 試 験 法 (1904)	改正協定上水試験法 (1926)	水協協定上水試験法 (1936)	飲料水判定標準 (1950)	水質基準に関する省令(1958)	水質基準に関する省令(1966)
濁 度	白濁上、カラメル標準と比較 (濁度及色)	白濁土標準	—	—	—	—
色 度	—	ビスマルクブドウ糖標準	—	—	—	—
臭 気	40-50°加温	—	40-50°加温(臭味)	—	—	—
酸 度	15-20°加温	—	—	—	—	—
pH	ローベール法を用いる(規定)	—	—	—	—	—
アルカリ度	—	—	—	—	—	—
硬度	—	—	—	—	—	—
過マンガン酸カリウム消費量	—	—	—	—	—	—
アンモニア性窒素	—	—	—	—	—	—
アルミニウム性窒素	—	—	—	—	—	—
硝酸性窒素	—	—	—	—	—	—
硫酸性窒素	—	—	—	—	—	—
総窒素	—	—	—	—	—	—
塩素イオン	—	—	—	—	—	—
硫酸イオン	—	—	—	—	—	—
リン酸イオン	—	—	—	—	—	—
過マンガン酸カリウム消費量	—	—	—	—	—	—
ヨウ素消費量	—	—	—	—	—	—
塩素消費量	—	—	—	—	—	—
臭気強度	—	—	—	—	—	—
臭 味	—	—	—	—	—	—
温度	—	—	—	—	—	—
マンガン	—	—	—	—	—	—
アルミニウム	—	—	—	—	—	—
銅	—	—	—	—	—	—
カルシウム	—	—	—	—	—	—
マグネシウム	—	—	—	—	—	—
亜 鉛	—	—	—	—	—	—
クロム	—	—	—	—	—	—
硫酸	—	—	—	—	—	—
バリウム	—	—	—	—	—	—
水 素	—	—	—	—	—	—
ケイ 酸	—	—	—	—	—	—
ホウ 酸	—	—	—	—	—	—
シアン	—	—	—	—	—	—
フェノール	—	—	—	—	—	—
塩 度	—	—	—	—	—	—
外 観	—	—	—	—	—	—
有機りん	—	—	—	—	—	—
陰イオン活性剤	—	—	—	—	—	—
一般細菌数	—	—	—	—	—	—
大腸菌群数	—	—	—	—	—	—
大腸菌群	—	—	—	—	—	—
生物学的試験	—	—	—	—	—	—

注) 特徴を略記した。
() 内は測定項目名が最左欄と異なるものである。
---○---は左に同じであることを表わす。

表Ⅲ-1-6 水道条例の改正で規定された目録見書に記載する水質試験項目

- | | |
|----------|------------------|
| 1. 色及び清濁 | 7. 過マンガン酸カリウム消費量 |
| 2. 臭 味 | 8. ク ロ ー ル |
| 3. 沈 滓 | 9. 硝 酸 |
| 4. 反 応 | 10. 硬 度 |
| 5. 亜 硝 酸 | 11. 蒸 渣 |
| 6. アンモニア | 12. 細菌絮落数 |

しかし、昭和16年(1941)になると、世界の情報は次第に險惡さを加え、その結果輸入試薬類の入手が困難となり、これを使用しなければならない試験については「時局の関係上、現行上水試験法所定の試薬入手困難の場合は代行するも支障なし」として代用法(資料-3)が定められることとなった。さらに、戦局が次第に悪化していった昭和18年(1943)には、戦時特別事情による暫定措置が設けられさらに代用法(資料-3)を決めるとともに「戦時中重要に付」常時試験を行うべき項目として、遊離塩素が加えられ、一方上水試験法のうち硬度、亜硝酸性窒素の定量、アンモニア性窒素の定量、蒸発残渣の測定は、随時必要に応じて行う項目に変更された。

そして、本土空襲が激化した昭和19年(1944)には、防空警報発令中他必要を認めた場合に劇毒物混入の有無の検査を行うための簡易毒物試験法(資料-4)が水道協会により定められた。

Ⅲ-1-4 戦後の水道と飲料水判定標準

太平洋戦争が終結したとき、戦争末期における空襲の激化により、東京、大阪、名古屋、横浜をはじめ全国の主要都市の水道施設は破壊され、また漏水も甚だしく、惨憺たる状況となっていた。

終戦と同時に、水道施設の管理も連合国軍総司令部(GHQ)の指揮下に行われるようになったが、GHQは、まず第1に衛生的な面に重点を置いて、東京、横浜、川崎等の関係地区主要都市の水道施設の実態を調査した。その結果漏水の甚だしい状況を考慮して、これらの都市に対し塩素消毒については、注入率2 ppm、管末端での残留塩素0.4 ppmとすることを指令した。この指令は、約1カ月程で残留塩素0.2 ppmに引下げられたが、戦前の水道では、塩素消毒は特定の期間だけ行われ、また注入率も低く管末端での測定も一般には行われていなかったため、当時の水道関係者にとっては衝撃であった。しかし、昭和21年頃には、態勢が整い、以後、常時の塩素消毒と管末端での残留塩素測定が一般化した。

また、GHQ(その中の技術本部にWater Supply Sectionが置かれていた)には、水道衛生関係の専門家(例えば、米国アイオワ大学教授J. J. ヒンマン氏)も来ており、これらの人々による指導等により、当時の米国の水質基準の考え方も、もたらされること

となった。昭和24年4月になって、昭和13年（1938）に改訂されて以後そのままになっていた協定上水試験法の改訂が企画された。この改訂にはアメリカの試験法を導入するとともに、戦前から井水・製薬用水の判定標準として用いられてきた日本薬局方中の常水判定標準とも統一を図ることを目的として、水道協会内に東大教授広瀬孝六郎を委員長として委員会が設置され「飲料水の判定標準とその試験方法」が作成され、昭和25年（1950）に発表された。さらに、この試験方法をほとんど採用して、厚生省は、「飲料水検査指針」を編さんし、水質基準が法的な規制力のあるものではなかったとしても、水道行政の中に位置づけられる糸口が開かれた。

昭和25年の「飲料水の判定標準とその試験方法」の主な内容は表Ⅲ-1-4、表Ⅲ-1-5に示すとおりであり、検査方法はアメリカの当時のStandard Methods for the Examination of Water and Sewage（1946年版）を範としたものである。それまでの基準と大きくかわった点は、硝酸性窒素、大腸菌群、銅、鉛、硬度、pHの基準値が改訂されたこと、汚水性生物、シアン、水銀、マンガン、亜鉛、砒素、弗素、フェノールの基準値が新たに設定されたこと、これらに付随する検査方法が大幅に改訂、追加されたこと等である。この改訂により、有機物、細菌汚染のほか、重金属等の有害物質についても基準が定められ、国際的レベルにも見合った水質基準となったほか、後述する「水質基準に関する省令」あるいは、環境基準の基礎ともなったとも評価できよう。

Ⅲ-1-5 水道法の制定と水質基準の省令化

明治23年（1890）以来60余年にわたり、我が国の水道を規制していたのは水道条例であった。同条例は制定以来数次にわたる改正をみたが、いずれも根本的な改正ではなく、水道の布設を主眼としていて、水道事業の経営、管理、特に衛生的管理への配慮に乏しいという弱点は改善されなかった。従って、この水道条例に代わるべき新たな法律の制定の必要は早くから関係者によって叫ばれており、政府もその具体案について検討を重ねてきたものの、水道行政の所管が複雑であることも関連して長い間実現をみないままであった。

昭和30年1月18日「水道行政の取扱いに関する件」が閣議決定され、懸案事項であった水道行政の所管問題が解決され、上水道行政は全面的に厚生省が所管することとなり、

厚生省は、昭和32年（1957）3月第26回国会に水道法案を提出し、同年5月その成立をみた。

「水道法」（昭32.6.15法177）は、水道条例において規制対象としていた水道事業のほか、水道事業にその用水を供給する水道用水供給事業及び自家用水道等の専用水道のそれぞれについて、良好な水の確保とその管理の適正をはかること、市町村等の水道事業の経営者に対し、給水その他の義務を課すること、各戸への給水装置の基準の設定等により水道水の汚染防止を図ること等をその主な内容としており、明治時代に比べて著しく大規模化し技術的に高度化した水道の現状に即応して、布設と管理の両面における規制の合理化を期したものである。特にそれまでになかった管理面の強調により、水道条例にはなかった水質基準が法制度の中に位置づけられることになったことは、水質基準の歴史の中で特筆すべきことである。

水道法の中で水質基準に関しては、第4条で資料-5のように規定され、さらに第13条でいかなる場合に水質検査を行わねばならないかが明示された。

これを受けて水道法施行規則では、第10条に「水質検査は当該水道により供給される水が水質基準に適合することが判断できる場所において、次の各号に掲げる項目について行うものとする」として第10条に資料-6に掲げる試験項目を列挙した。

また規則第14条では、第10条の項目について、定期および臨時の水質検査で行うべき試験項目の範囲を示し、また規則第16条では、水道事業者が講じなければならない衛生上必要な措置を定め、特に、全ての水道に塩素消毒を義務づけた。

続いて、昭和33年（1958）7月には厚生省令第23号をもって「水質基準に関する省令」が公布され、施行規則10条に列挙された30項目についての試験方法並びに基準値が表Ⅲ-1-4、表Ⅲ-1-5のように定められた。この「水質基準に関する省令」は、従来の厚生省編さん「衛生検査指針Ⅳ」の「飲料水検査指針」を参考とし、厚生省衛生検査指針審議会飲料水部会（部会長小島三郎）と日本水道協会衛生常設調査委員会（委員長広瀬孝六郎）の意見を徴して作成された。

従来の判定標準と比較して変更された主要点は、次の通りである。

- (1) 従来の判定標準では衛生上差支えなければよいとか消毒してあればよいとか環境上の諸点を考慮して判定するような個人的判断の余地があったことが判定にそれらの余

地がなくなったこと

(2) 検査項目が多くなったこと

(従来より5項目(有機リン、硅酸、硫酸イオン、鉍酸酸度、アルカリ度)が追加され、30項目となり、水道布設時及び給水開始時に測定することとなった)

(3) 基準値が一部改定されたこと

(アンモニア性窒素および亜硝酸性窒素、塩素イオン、大腸菌群、有機リン、弗素、マンガン、鉄、銅、硅酸、フェノール、硫酸イオン、アルカリ度、酸度、色度、濁度の各項目の基準値が改正または設定された。)

Ⅲ-1-6 現行の水質基準(1966)及びその後の動向

現行の水質基準は、昭和41年(1966)に改正されたものである。(昭41.5.6厚生省令第11号)(表Ⅲ-1-4の6、表Ⅲ-1-5の6)。改正にあたっては、まず、昭和37年3月13日付で、厚生省から日本水道協会に諮問が出された。日本水道協会はそれを受けて、理学博士近藤正義を委員長とする衛生常設調査委員会で、約2年10カ月にわたって検討を行い、昭和40年1月7日付で厚生省に対し回答した。その内容は、一部を除いてほぼ全面的にとり入れられて省令改正の運びとなった。

旧省令と新省令の相違点は、次のとおりである。

まず、項目及び基準値については、

- 水道水源の大半を占める河川表流水が、昭和35年～36年以来急速にABSによる汚濁傾向を強めてきたことを背景として、陰イオン活生剤が新たに加えられ、その基準値が0.5 ppm以下とされたこと。
- クロムについては、毒性の面から検討され、有害な六価クロムを対象として基準が設定されたこと。
- 蒸発残留物は、旧省令では、法第4条第1項第6号に係る外観検査事項に入っていたが、本来属すべき同条同項3号に係る項目に変更されたこと。

である。また、検査方法についての相違点としては、

- 陰イオン活性剤の検査方法が加えられたこと。
- 硝酸性窒素、有機リン、マンガン、亜鉛、砒素、弗素、フェノール類の検査方法が全

部改正されたこと。

- シアンイオン、水銀、鉛、六価クロム、カルシウム、マグネシウム等（硬度）、濁度の検査方法が一部改正されたこと。

である。

また同時に、水道法施行規則も改正になり、認可申請の際の工事設計書に添付する水質試験（法第7条第3項第3号）、給水開始前の水質検査（法第13条第1項）、定期及び臨時の水質検査（法第20条第1項）は、施行規則第10条各号に掲げる項目について行うものとされていたが、この改正により、新たな水質基準に関する省令に掲げる項目について行うものとされた。

なお、マンガンについては、色度の増加や黒色浮遊物の流出などの事例が増えていることを考慮し、マンガンに由来して色度及び濁度の点で問題を生ずるおそれのある場合は、0.05 ppm以下を目標として除マンガン設備を設けるよう、省令改正と同時に通知された（昭41.5.6環水5033、環境衛生局長通知）。

一方、戦後20有余年を経過した昭和40年代に入ると、短期間におけるきわめて早い経済の発展と人口の著しい都市集中を背景として、様々の公害の発生が各地に見られ、人の健康や生活環境に対する脅威となって、重大かつ深刻な社会問題を惹き起こしていた。

このような社会情勢を背景として、昭和42年には公害対策基本法が制定された。厚生省では、こうした環境汚染防止対策の政策の一環として、生活環境審議会公害部会に「水道水源の水質環境基準の設定」を諮問し、同部会は、日本技術士会水道部会長田辺弘を委員長とする「水質に係る環境基準専門委員会」を設けて昭和44年4月より検討を開始し、昭和45年4月に表Ⅲ-1-7に示すAB2群（それぞれ健康阻害項目、利用阻害及び機能阻害項目）、3類からなる基準を答申した。

一方、河川等の公共用水域の水質保全行政を担当していた経済企画庁は、昭和45年1月から「水質に係る環境基準」の作成に本格的に取り組み、同年4月設定をみた。その作成の段階で、厚生省の生活環境審議会で審議されていた「水道水源の水質環境基準」の考え方が大幅に取り入れられた。

昭和45年になると、公害問題に対して特に社会的に関心が高まり、第64回国会は「公害国会」とも通称されるように、公害対策基本法の一部改正をはじめ、公害関連の法

表-Ⅲ-1-7 水道水源の水質環境基準（生活環境審議会公害部会答申 昭和45年4月）

	水 質 項 目	基 準 値 *		
		1 類	2 類	3 類
A 群	シ ア ン イ オ ン	検出されないこと。		
	総 水 銀	検出されないこと。		
	有 機 水 銀	検出されないこと。		
	有 機 リ ン	検出されないこと。		
	カ ド ミ ウ ム (ppm)	0.01		
	鉛 (ppm)	0.1		
	ク ロ ム (ppm)	0.05		
	ヒ 素 (ppm)	0.05		
	フ ッ 素 (ppm)	0.8		
	大 腸 菌 群 (MPN/100ml)	50	1,000	5,000
B 群	硝 酸 性 窒 素 (ppm)	9		
	濁 度 (度)	2	10 (豪雨時を除く)	30 (豪雨時を除く)
	色 度 { 染 料 以 外 (度)	5	5	10
	色 度 { 染 料 (刺激純度%)	1.5	1.5	1.5
	臭 気 (TO)	3	(緩速戸過) 5 (急速戸過) 3	(緩速戸過) 5 (急速戸過) 3
	味 (TT)	3	(緩速戸過) 5 (急速戸過) 3	(緩速戸過) 5 (急速戸過) 3
	水 素 イ オ ン 濃 度 (pH 値)		6.5~8.6	
	B O D (ppm)	1	2	3
	C O D (ppm)	1	2	3
	溶 解 性 物 質 (ppm)	—	—	400
	ア ン モ ニ ア 性 窒 素 (ppm)	—	0.1	0.5
	塩 素 イ オ ン (ppm)	—	—	180
	総 硬 度 (ppm)	—	—	300
	鉄 (ppm)	(全 Fe) 0.3	(Fe ²⁺) 0.3	(Fe ²⁺) 0.3
	マ ン ガ ン (ppm)	(全 Mn) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05
	銅 (ppm)	1.0	(緩速戸過) 0.1 (急速戸過) 1.0	(緩速戸過) 0.1 (急速戸過) 1.0
	亜 鉛 (ppm)	(全 Cu)	(Cu ²⁺) 1.0	(Cu ²⁺)
	フ ェ ノ ー ル 類 (ppm)	—	—	0.005
	陰 イ オ ン 活 性 剤 (ppm)	—	—	0.5

— は、この水準の原水では通常、特に問題とはならないが上限値を示すとすれば、2類又は3類の値となる。

* 基準値1類2類3類の区分は下記による。

(1) 基準値1類は、地下水、伏流水、湧水と渓流水等の表流水を想定し簡易な浄水操作によって飲用に供し得る限界値とする。

(2) 基準値2類は、地表水のうち、汚濁負荷が比較的小さい河川等を想定し、通常の浄水操作で処理することができる原水水質の限界値とする。

(3) 基準値3類は、地表水のうち、汚濁負荷がかなり大きい河川等を想定し、高度な浄水操作で処理することができる原水水質の限界値とする。

なお、その他の(注)は省略した。

(参 考)

1. 基準として設定する必要がないと認めた項目とその理由

- (1) 蒸発残留物、浮遊物は、濁度、溶解性物質で補える。
- (2) 溶存酸素は、BOD 3 ppm 以下で規制すれば水道原水として十分なDOが期待できる。
- (3) 亜硝酸性窒素は、アンモニア性窒素、硝酸性窒素で補いうる。アンモニア性窒素の約1/10量は不安定で硝酸性窒素に移行する。
- (4) 一般細菌は、大腸菌群、BOD、CODで補える。

2. 区分の具体的基準

- (1) 1類でいう簡易な浄水操作とは、塩素消毒のみ、または緩速濾過などによる浄水施設で浄水を得るものを想定する。
- (2) 2類でいう通常の浄水操作とは薬品沈殿および急速濾過などによる浄水施設で、浄水処理に必要な原水水質を定期的(毎月1回以上)に測定し、それに応じて、薬品注入量等を決定し、浄水処理操作を行う程度の管理体制にあるものと想定する。
- (3) 3類でいう高度な浄水操作とは、薬品沈殿、急速濾過に加え、前塩素処理を行なう浄水施設で浄水処理に必要な原水水質を連続測定し、薬品を原水水量に応じて比例注入し得る設備等を有し、水質に関する専門教育を受けた技術者が処理操作を行なう管理体制にあるものを想定する。

3. 基準の根拠

- (1) シアンイオン、総水銀、有機水銀、有機リン、カドミウム、鉛、クロム、ヒ素、フッ素は除去できない。原水中の3価クロムは塩素消毒により酸化されて6価クロムに移行するので、クロム全体として定めた。
- (2) 大腸菌群は塩素消毒により完全に死滅させる値は50MPN/100mlである。また緩速濾過による除去率は約99%、急速濾過の通常管理では約95%、高水準の管理では約98%であるから、これらの除去能力から逆算した。
- (3) 硝酸性窒素は、アンモニア性窒素が遊離塩素で酸化されて移行するほか、浄水処理では除去できない。
- (4) 濁度は、汚染のない河川では平常時10度以下。緩速濾過処理の限界は30度。
- (5) 色度は、泥炭地以外の非汚染河川は5度以下。通常の除去率は、天然色度50%、人工色度0%、色度5度は刺激純度1.5に相当する。
- (6) 臭気(TO)については、一般人の感度の限界はTO3前後であることによる。また急速濾過では除去できないが、緩速濾過ではある程度除去できる。
- (7) 味(TT)については、一般人の感度の限界はTT3前後であることによる。また急速濾過では除去できないが、緩速濾過ではある程度濾過できる。
- (8) pHは、管および給水装置の腐蝕の点から考えて7.0に近い方が望ましく、高すぎる場合は塩素殺菌効果が低下し、また低すぎる場合は凝集効果に悪影響をおよぼす等から定めた。

- (9) BODは、総合汚染指標としての意味でとりあげた。

清浄な河川水、地下水では1 ppm以下であり、通常の河川では2 ppm以下である。厚生省の調査成績によると、BOD 1 ppm以下の上水道水源数は40.2%、2 ppm以下39.2%、3 ppm以下13.0%、3 ppm以上7.6%である。

BODの高い河川では水質変動が大きく大腸菌透過率も増大する。

BODは塩素消費量とはほぼ相関関係にあり、BOD 3 ppmでは塩素注入率が6 ppmとなる。

(塩素注入率6 ppmは高水準管理下での限界である。)

- (10) CODは、総合汚染指標としての意味でとりあげた。

水道水源河川では通常BOD:COD=1:1である。

清浄な河川では1 ppm以下である。

通常除去率は40%である。

- (11) 溶解性物質の味、腐食性、ボイラー用、クリーニング等から考えた限界値は500 ppmである。

浄水処理の過程で注入される薬品は溶解性物質として最大100 ppmである。

- (12) アンモニア性窒素は、汚染の少ない河川や地下水では0.1 ppm以下である。(地下水中のアンモニアは硝酸性窒素の還元による)

また、アンモニア性窒素の約10倍量の遊離塩素で酸化できる。(アンモニア性窒素0.5 ppmの場合、酸化のために塩素5 ppm+残留塩素1 ppm=6 ppm)

緩速濾過では約80%除去できるが急速濾過では除去できない。

- (13) 塩素イオンの浄水処理薬品および塩素の注入による増分は最大20 ppmである。通常の浄水処理では除去できない。

- (14) 総硬度は除去できない。

- (15) 第2鉄イオンは除去できるが第1鉄イオンは除去できない。(河川中の第1鉄はフミン酸塩の形で存在し除去できない。)

- (16) マンガンは、着色、黒水障害の限界である。 Mn^{3+} は緩速濾過、急速濾過処理では除去できない。

- (17) 非イオン性銅は除去容易である。

緩速濾過では Cu^{2+} が0.1 ppm以上で濾過膜が損傷する。また、イオン性銅は急速濾過処理で除去できない。

- (18) 亜鉛は除去できない。

- (19) フェノール類は、急速濾過処理では除去できない。

- (20) 陰イオン活性剤は、急速濾過処理では除去できない。

律が軒なみ改正される、公害法史上特筆すべきものとなった。昭和46年7月には、環境行政を担当する環境庁が発足し、それまで経済企画庁が担当していた公共用水域の水質保全行政は、環境庁の所管となった。こうした中で、経済企画庁が昭和45年に設定した水質汚濁に係る環境基準は、昭和46年12月、環境庁告示第59号としてその制定をみることになった(表Ⅲ-1-8)。

その他の水道水の水質基準に関連する動きとしては、水銀及びカドミウムに関する暫定基準の制定がある。水銀については、昭和49年(1974)4月に、新しい分析測定技術の開発にともなって、分析の精度が著しく向上してきたこと及び、公共用水域や水道原水等の水銀に関する新しい諸資料が整ってきたことを背景として、生活環境審議会水道部会水質専門委員会によって「水銀の水質基準についての意見」が出された。この意見では、水銀の測定には、原子吸光法を採用し、基準値は「総水銀として0.001ppm以下であること」とするのが適当であるとされた。

これを受けて、厚生省は、都道府県あて通知を行い、水質基準に関する法令を整備するまでの間、この基準を併用して実施することとした(昭49.4.19環水51水道環境部長通知)。

表 Ⅲ - 1 - 8 生活環境の保全に関する環境基準

① 人の健康の保護に関する環境基準

項 目	カドミウム	シアン	有機磷	鉛	クロム (6価)	ヒ素	総水銀	アルキル水銀	PCB
基 準 値	0.01 ppm 以下	検出されないこと。	検出されないこと。	0.1 ppm 以下	0.05 ppm 以下	0.05 ppm 以下	0.0005 ppm 以下	検出されないこと。	検出されないこと。
測 定 方 法	日本工業規格 K0102 (以下この表、別表2及び附表2において「規格」という) 40に掲げる方法	規格29.1 2.及び29.3に掲げる方法	規格23に掲げる方法(ただし、メチルジメトンについては薄層クロマトーモリブデナム青法)	規格39に掲げる方法	規格51.2に掲げる方法	規格48に掲げる方法	原子吸光光度法	ガスクロマトグラフ法及び薄層クロマトグラフ分離—原子吸光光度法の両方法	ガスクロマトグラフ法

備 考

- 基準値は最高値とする。ただし、総水銀に係る基準値については、年間平均値とする。
- 有機磷とは、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びEPNをいう。
- 「検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。別表2において同じ。
なお、アルキル水銀の項目については、ガスクロマトグラフ法及び薄層クロマトグラフ分離—原子吸光光度法の両方法によってアルキル水銀を検出した場合以外の場合をいうものとする。
- 総水銀に係る基準値は、河川においてその汚染が自然的原因によることが明らかである場合に限り、0.001 ppm 以下とする。
- 薄層クロマトーモリアデナム青法とは、附表1に掲げる方法をいう。
- 原子吸光光度法とは、附表2に掲げる方法をいう。
- アルキル水銀についてのガスクロマトグラフ法及び薄層クロマトグラフ分離—原子吸光光度法とは、それぞれ附表3に掲げる方法をいう。
- PCBについてのガスクロマトグラフ法とは、附表4に掲げる方法をいう。

② 河川（湖沼を除く。）

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値					該当水域
		水素イオン濃度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	
AA	水道 1 級 自然環境保全およびA以下の 欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1 ppm 以下	25 ppm 以下	7.5 ppm 以上	50 MPN/100 mL 以下	第一の2の(2) により水域類 型ごとに指定 する水域
A	水道 2 級 水産 1 級 水浴 およびB以下の欄に掲げる もの	6.5以上 8.5以下	2 ppm 以下	25 ppm 以下	7.5 ppm 以上	1,000 MPN/100 mL 以下	
B	水道 3 級 水産 2 級 およびC以下の欄に掲げる もの	6.5以上 8.5以下	3 ppm 以下	25 ppm 以下	5 ppm 以上	5,000 MPN/100 mL 以下	
C	水産 3 級 工業用水 1 紙 およびD以下の欄に掲げる もの	6.5以上 8.5以下	5 ppm 以下	50 ppm 以下	5 ppm 以上	—	
D	工業用水 2 級 農業用水 およびEの欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8 ppm 以下	100 ppm 以下	2 ppm 以上	—	
E	工業用水 3 級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10 ppm 以下	ゴミ等の浮遊 が認められな いこと。	2 ppm 以上	—	
測定方法		規格 8 に掲げ る方法	規格 16 に掲げ る方法	規格 10. 2. 1 に 掲げる方法	規格 24 に掲げ る方法	最確数による 定量法	

③ 湖沼（天然湖沼および貯水量 1,000 万立方メートル以上の人工湖）

項目 類型	利用目的の 適応性	基準値					該当水域
		水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素 要求量 (COD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	
AA	水道 1 級 水産 1 級 自然環境保全および A 以下の 欄に掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	1 ppm 以下	1 ppm 以下	7.5 ppm 以上	50 MPN/100 mL 以下	第 1 の 2 の (2) により水域類 型ごとに指定 する水域
A	水道 2・3 級 水産 2 級 水浴 および B 以下の欄に掲げる もの	6.5 以上 8.5 以下	3 ppm 以下	5 ppm 以下	7.5 ppm 以上	1,000 MPN/100 mL 以上	
B	水産 3 級 工業用水 1 級 農業用水および C の欄に掲 げるもの	6.5 以上 8.5 以下	5 ppm 以下	15 ppm 以下	5 ppm 以上	—	
C	工業用水 2 級 環境保全	6.0 以上 8.5 以下	8 ppm 以下	ごみ等の浮遊 が認められな いこと。	2 ppm 以上	—	
測定方法		規格 8 に掲げ る方法	規格 13 に掲げ る方法	規格 10.2.1 に 掲げる方法	規格 24 に掲げ る方法	最確数による 定量法	

備考

水産 1 級、水産 2 級および水産 3 級については、当分の間、浮遊物質量の項目の基準値は適用しない。

(注) 1. 自然環境保全：自然探勝等の環境の保全

2. 水道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行なうもの

“ 2, 3 級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作、または、前処理等を伴う高度の浄水操作を行なうもの

3. 水産 1 級：ヒメマス等貧栄養湖型の水域の水産生物用ならびに水産 2 級および水産 3 級の水産生物用

“ 2 級：サケ科魚類およびアユ等富栄養湖型の水域の水産生物用ならびに水産 3 級の水産生物用

“ 3 級：コイ、フナ等富栄養湖型の水域の水産生物用

4. 工業用水 1 級：沈澱等による通常の浄水操作を行なうもの

“ 2 級：薬品注入等による高度の浄水操作、または、特殊な浄水操作を行なうもの

5. 環境保全：国民の日常生活（沿岸の散歩等を含む。）において不快感を生じない限度

Ⅲ－１－７ 最近の水質基準の改正（１９７８）

現行の水質基準は、昭和 41 年に制定されたもので、その後既に 10 年余を経過している。この間、水質に関する科学的知見の拡大、とくに機器分析に代表される分析技術に顕著な進歩がみられ、現行の手分析を主体とした検査方法に対し、精度及び客観性のより高い分析が可能になり、又能率アップが望めるようになった。

このような状況において、水道の分野でも一部の水質項目（水銀、カドミウム）について暫定的な基準値及び検査方法を定めて運用されてきたが、今回はとくに分析技術の顕著

な進歩に着目して、検査方法の全面的な見直しを行うとともに、基準値についても見直しの必要性から選定した一部の項目について省令の改正が行われた。(53. 8. 31 交付、54. 4. 1 施行)

検査方法の改正の要旨は次のようである。

- (1) 金属イオンについては、原則として原子吸光光度計を使用し、又、比色分析については、濁度及び色度を除き、光電分光光度計を使用する方法を採用した。
- (2) 分析の濃度範囲、分析着手までの時間、試料保存法、試験及び標準溶液、細菌培地の組成を明確化することにより、誤差要因の除去に努めた。
- (3) 定性分析によっていた項目については、できるだけ定量分析に改め、検査結果の数値化に努めた。
- (4) 現行の比率による表示 (ppm) を濃度の絶対量表示 (mg / ℓ) に改めた。

また基準値の改正及び追加の概要は次のようである。

- (1) 「アンモニア性窒素及び亜硝酸性窒素は同時に検出されないこと」及び「硝酸性窒素は 10ppm 以下であること」を、アンモニア性窒素は基準から除外し、「亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の合計量で 10 mg / ℓ 以下であること」とした。
- (2) シアンイオン、水銀、有機リンはいずれも従前どおり「検出されないこと」とするが、検出限界をそれぞれ 0.01 mg / ℓ 、0.0005 mg / ℓ 、0.1 mg / ℓ であることを明記した。
- (3) カドミウムは暫定基準 0.01 mg / ℓ を水質基準として追加することとした。
- (4) セレンを新たに加え、基準値を 0.01 mg / ℓ とした。
- (5) 六価クロム、フッ素、フェノール類、陰イオン界面活性剤についても検討を加えたが、現行の基準値で適当であるとした。ただし、フッ素については、現在実施中の調査結果に基づき必要に応じ基準値を検討することとした。
- (6) 一部の項目の名称を変更した。

Ⅲ-1-8 ま と め

水質基準の歴史的経緯をまとめると次のようになる。

- 水質分析法および判定基準値が我が国で最初に定められたのは、明治37年(1904)で、当時の東京市衛生研究所の遠山椿吉氏が中心となって作成した。
- 分析方法の見直し、基準値の改定は、科学の進歩とともに行われてきたが、抜本的な改定は、大正15年(1926) (「改正協定上水試験法」)、昭和11年(1936) (「水協協定上水試験法」)、昭和25年(1950) (「飲料水判定標準と検査方法」)、昭和41年(1966) (厚生省令第11号)、及び昭和53(1978) (厚生省令改正)において行われた。
- 水質基準が法制度に位置づけられたのは、昭和32年水道法制定以後であり、それ以前の水道条例時代には、水道界の自主的な基準が定められていた。
- 省令化以前の基準には、「衛生上差支えなければよい」とか「消毒してあればよい」とか環境上の諸点を考慮して判定するような余地があった。省令化後は、それらの余地はなくなった。
- 分析項目数は、明治37年の「協定試験法」当時は16項目だった。昭和25年の「飲料水の判定標準とその試験方法」では26項目、昭和33年厚生省令では30項目となり、昭和41年厚生省令(現行)では27項目となった。
- 水質判定基準値は、明治37年「協定試験法」当時は6要件12項目だった。昭和11年「水協協定上水試験法」では、銅、鉄が、昭和25年「飲料水制定標準」では米国の影響もあって重金属関係項目が大幅に追加された。昭和33年厚生省令では、有機磷、硅酸、硫酸イオン、鉍酸酸度、アルカリ度が加えられ、30項目となった。昭和41年厚生省令(現行)で整理され、またこの時陰イオン活生剤が加わって27項目となった。
- 分析方法は、科学技術の進歩とともに変遷している一方、濁度、臭気、アンモニア性窒素、塩素イオン等のように、原理的には明治37年「協定試験法」当時にすでに確立していたものもある。
- 基準値も分析方法の変遷と同様のことが言える一方、過マンガン酸カリウム消費量、臭気、味等のように明治37年「協定試験法」と表現内容的に同じものもある。

- 水質基準に対する考え方を比較すると、戦前の水質基準は、病原生物による汚染、異常な酸性アルカリ性、異常な臭味外観を中心に考慮していたのに対し、戦後は、有毒物質、有害物質に対しても広く考慮するようになった点が根本的に違っている。
- 戦時中には、輸入試薬の入手困難から試験法を簡略化したり、空襲による毒物降下に対応するため、簡易毒物試験法が定められたことがあった。
- 終戦直後の水質検査方法の改定（昭和25年）の際には米国のStandard Methodの影響を大きく受けた。
- 水質に係る環境基準制定の際には、水道の水質基準が大幅にとり入れられた。
また、水質管理に関連する事柄として、上記のほか次のものがある。
- 明治時代においては、主要都市においても、水質検査は、衛生試験所や病院の付属試験所等の衛生関係機関において行われており、水道局内に水質検査の組織が設けられたのは、横浜市では大正7年（1918）、東京府では昭和19年（1942）であり、大都市においても自己水質検査が水道事業の中に位置づけられたのは、かなり後年になってからと言える。
- 塩素消毒は、大正11年（1922）横浜市において開始されたのが最初であり、大都市では、昭和3年（1928）ごろまでに塩素消毒体勢がとられていたが、常時の塩素消毒と管末端での残留塩素測定については、戦後、GHQの影響によるものである。

以上述べてきたように、水質基準（基準値及び検査方法）は、科学的知見の拡大に伴って改訂されてきた。基準項目についても、社会的要請及びその必要性に応じて追加されてきたし、今後とも、必要に応じて見直しあるいは追加を行っていかなければならないものである。

水道の水質基準は、水道の安全性を守る基礎となるものであるとともに、その測定及び遵守が全ての水道事業者等に義務付けられるものであるから、その設定にあたっては、新しい科学的知見にもとづくとともに、項目の必要性、測定方法の妥当性等について慎重に検討する必要がある。

飲 料 水 注 意 法

(明治 11 年 5 月)
(内務省達乙第 18 号)

不潔ノ水ヲ飲料ニ用フル時ハ人身ノ健全ヲ害スルハ勿論ニ候処從來都下ノ風習ニテ粗造ノ井戸側ヲ用ヒ或ハ甲板下水ノ設ケナク或ハ下水ノ設ケアルモ頗ル接近スルヲ以テ溜滯ノ污水自然井中ニ滲入シ為メニ水ノ素質ハ変換スルノ患者不尠就中伝染病ノ流行ノ際ニ於テ最モ忽カセンス可カラサル儀ニ候条自今共同私有ノ別ナク別紙飲料水注意法ニ照シ新調又ハ補理候様無遺漏各自ヘ懇篤可論達此旨相達候事

但時々警視官史巡回実施検査ニ可及候事

- 一 井側ノ破壊シテ污水ノ滲透スルノ患アルモノハ速カニ新調スヘシ
- 一 井戸流シノ大破スルモノハ新調シ其小損スルモノハ板及垂土等相応ノモノヲ以テ精密ニ壅塞スヘシ
- 一 凡ソ井戸ニ下水ナキモノハ新ニ作ルヘシ但下水ハ能ク水ノ流通スル様注意スヘシ
- 一 從來地形ノ不便ニ依リ他ノ所有地ヲ経サレハ井戸水ヲ開設シ難キ場所ハ隻方地主協議ノ上取設クヘシ若シ又道路等官有地ニ交渉スルモノハ府県ノ検査ヲ乞ヒ指図ヲ受クヘシ但井戸ヲ新設セントスル時本項ノ場合アルニ於テハ前以テ協議ヲ尽シ着手スヘシ
- 一 前項ノ場合ニ於テ事情不得已者ハ当分污水溜ノ設ケアルモ妨ケスト雖モ井戸ヲ距ルコト三間以上タルヘシ但地所狹隘ニシテ二間以内接近セサルヲ得サル場所ハ板又ハ垂土等ヲ以テ污水ノ漏レサル様ニスヘシ
- 一 井戸ヨリ三間以内ヘ厠房ヲ新ニ作ルヘカラス、但現在設置ノ分ト雖モ修繕等アル毎ニ本文ニ準スヘシ
- 一 井戸近傍ニ於テ襦袢虎子等、汚穢ノ物品ヲ洗滌シ及魚鳥ノ骨腸等ヲ棄ツヘカラス
- 一 呼ビ井戸ノ井管破損スルト認ムル時ハ速カニ之ヲ補理スヘシ
- 一 上水井ニ於テハ汚濁且塵埃認アルカ、又ハ臭氣ヲ含ムモノアラハ速カニ府庁又ハ該区務所ヘ調査ノ義申出ツヘシ
- 一 毎年少クトモ一度ツツ井戸凌ヲ為スヘシ

資料-2

水 道 条 例

(明治23年2月13日)
(法律 第 9 号)

- 第 1 条 水道トハ市町村ノ住民ノ需要ニ応シ給水目的ヲ以テ布設スル水道ヲ伝ヒ水道用地トハ水源
地、貯水地、汙水地、卿水場及水道線路ニ要スル地ヲ云フ
- 第 2 条 水道ハ市町村其公費ヲ以テスルニ非サレハ之ヲ布設スルコトヲ得ス
- 第 3 条 市町村ニ於テ水道ヲ布設セントスルトキハ其日論見書ニ左ノ事項ヲ詳記シ地方長官ヲ經テ
内務大臣ノ認可ヲ受クヘシ
- 第 1 水道事務所ノ所在地
- 第 2 水源ノ位置(河川池湖又ハ堀井ノ別其周囲ノ概況)及其水量ノ概算但図面及水質ノ分析表
ヲ添フヘシ
- 第 3 水道線路及水道線路ニ沿フタル地名、貯水池、汙水場、卿水場ノ位置但図面ヲ添フヘシ
- 第 4 給水ノ区域、其人口及其1人1日ニ対スル平均給水量
- 第 5 人口増殖及多量ノ水ヲ用フル製造所等ニ対スル給水量増加ノ見込
- 第 6 水圧ノ概算
- 第 7 工事方法
- 第 8 起工竣工期限
- 第 9 工費ノ総額、其収入支出ノ方法及其予算
- 第 10 水料ノ等級、価格、水料徴収ノ方法及經常収支ノ概算
- 第4条~第7条(省略)
- 第 8 条 地方長官ハ隨時当該官吏又ハ技術官ヲ派遣シテ水道工事及水質水量ヲ検査センメ其改築修
理ヲ要シ又ハ水質不良水量不足ナリト認ムルトキハ地方衛生会ノ議定ヲ經相当ノ猶予期日ヲ
定メテ之カ改良ヲ市町村ニ命スヘシ
- 第 9 条 (省略)
- 第 10 条 水道ノ給水ヲ受クル者ハ水質水量ノ検査ヲ市町村長ニ請求スルコトヲ得
- 第 11 条以下(省略)

資料-3

上 水 試 験 に 関 す る 臨 時 措 置

1) 昭和16年9月6日 第10回総会議決

過マンガン酸カリ消費量………検水量を半量にし、硫酸濃度を1:2から1:3に変更し、分析操
作を一部修正した代用法によってもよいことにした。

アルカリ度測定………エリトロシン溶液を用いる方法をメチルオレンジ溶液を用いる代用法によってもよいことにした。

2) 昭和18年11月10日 第12回総会議決

亜硝酸性窒素の定性試験………検水量を1/10にし、試薬は、スルファニル酸及び2ナフチルアミンを用いる方法によってもよいことにした。

硬 度………単鉛硬膏を用いた石けんを用いる代りに日本薬局方薬用石けんを用いてもよいことにした。また、薬品節約のため試料を適宜稀釈して行うこととした。

過マンガン酸カリ消費量………薬品節約のため硫酸濃度を1:2から1:3にした。

資料-4

簡 易 毒 物 試 験 法

(昭和19年5月2日)
常設調査委員会決定)

下記試験は、防空警報発令中其他必要を認めたる場合之を行うものとする。

簡易毒物試験法

第一試験 検水5CCを試験管に採り之にヨード澱粉溶液0.3ccを加へよく混和すべし。

ヨード澱粉の青色5分以内に脱色するか、或は凝集現象を呈して青色絮状の沈澱を生ずる場合は腐敗性物質又は劇毒物(脱色の場合に S^{2-} 、 $S_2O_3^{2-}$ 、 As_2O_3 、 CN^- 、 $Fe(CN)_6^{4-}$ 、 CNS^- 、 Hg 、 Ag 、 Cl_2 、 Br_2 、 $pH_{0.5}$ 以上、ルイサイト等、凝集現象の場合は、イペリット等)の含有を徴す。

第二試験 第一試験に於て青色脱色せず又は凝集現象を呈せざるときは、之に稀硫酸1滴を加ふべし。

検水濁濁を呈する場合は、劇毒物(Ba^{2+} 、 Pb^{2+} 等)の含有を徴す。

第三試験 第二試験に於て濁濁を呈せざるときは、之にネスレル試薬1~2滴を加ふべし(脱色したる場合は稀硫酸を滴加して青色に復せしむべし)

検水濁濁したる場合は毒物(硝酸ストリキニーネ・硫酸アトロピン等)の含有を徴す。

第四試験 第三試験に於て濁濁を呈せざるときは、之に無砒性亜鉛小粒2~3箇を添加すべし。

水素互生の発生に伴ひ褪色又は脱色する場合は毒物(As_2O_3 等)の含有を徴す。

ヨード澱粉溶液、1000分定規ヨード液200ccに、新に製したる澱粉液の上澄100ccを加へ、よく混和したる後、之に10分定規硫酸25cc加ふべし。

資料－5

水道法第4条

(水質基準)

第4条 水道により供給される水は、次の各号に掲げる要件を備えるものでなければならない。

- 1) 病原生物に汚染され、又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を含むものでないこと。
 - 2) シアン、水銀その他の有害物質を含まないこと。
 - 3) 銅、鉄、沸素、フェノールその他の物質をその許容量をこえて含まないこと。
 - 4) 異常な酸性又は、アルカリ性を呈しないこと。
 - 5) 異常な臭味がないこと。ただし、消毒による臭味を除く。
 - 6) 外観は、ほとんど無色透明であること。
- 2 前項各号の基準に関して必要な事項は、厚生省で定める。

資料－6

水道法施行規則第10条

(昭32.12.14厚生省令第45号)

(給水開始前の水質検査)

規則第10条 法第13条第1項の規定により行う水質検査は、当該水道により供給される水が水質基準に適合するかどうかを判断することができる場合において、次の各号に掲げる項目について行うものとする。

- 1) アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、塩素イオン及び過マンガン酸カリウム消費量並びに一般細菌及び大腸菌群
- 2) シアン、水銀及び有機磷
- 3) 銅、鉄、沸素、鉛、亜鉛、クロム、砒素、マンガン、硅酸、フェノール及び硫酸イオンの含有量並びに水の硬度
- 4) 水素イオン濃度、アルカリ度及び酸度
- 5) 臭気及び味
- 6) 色及び濁り、消毒の残留効果並びに蒸発残留物

第2節 水道水の水質基準のあり方とその運用法

Ⅲ－2－1 水質基準のあり方

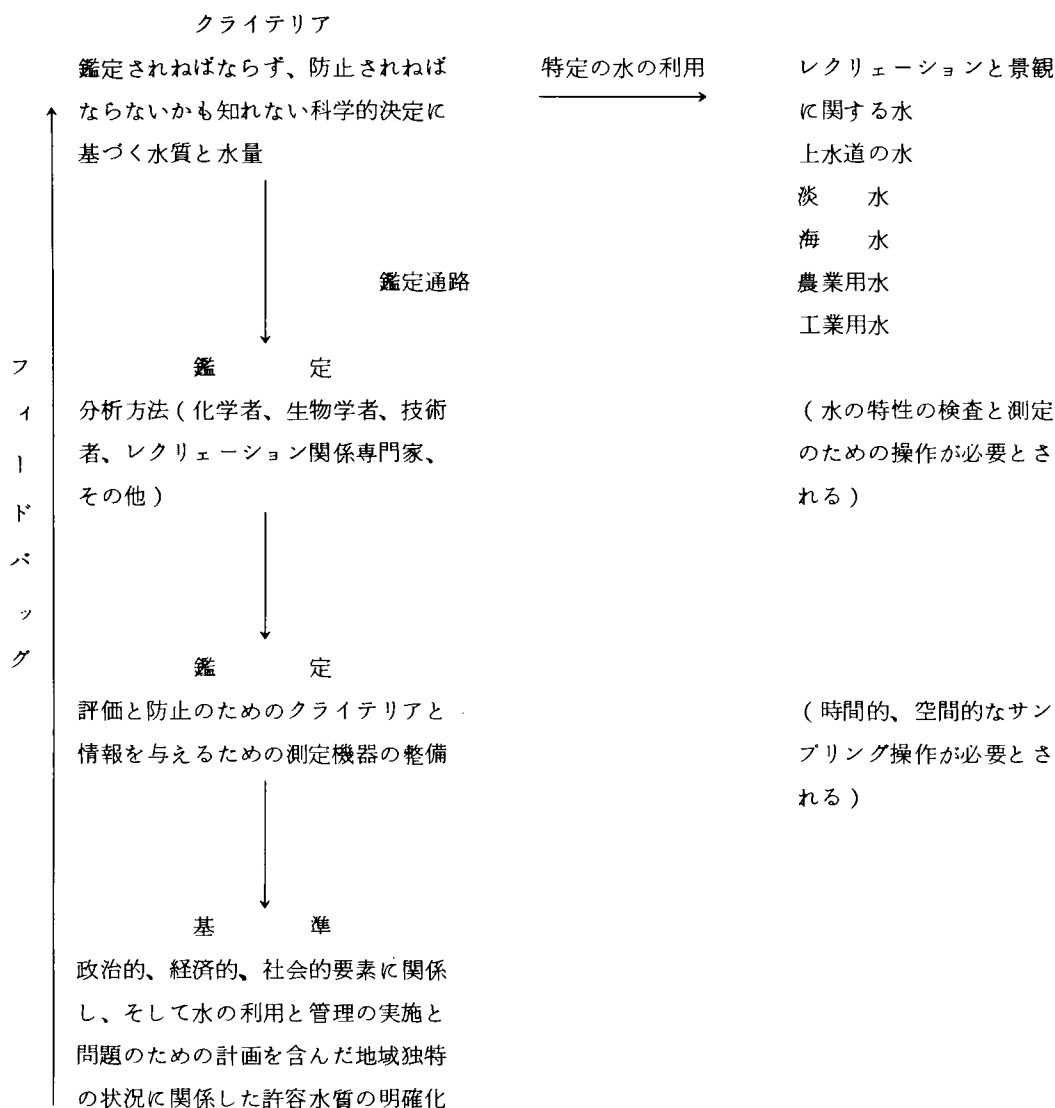
現行の飲料水の水質基準は水道法第4条に基づく水質基準に関する省令であり、諸外国の一例も含めたものは表Ⅲ－2－1に示すとおりである。

飲料水の水質基準は、飲用等により人の健康に対し安全であることを最優先に考えるべきことは当然としても、直接健康上の影響がないものについても、生活利用上の障害、及び水道施設の損傷がないことについても配慮することが必要である。これらの基本的要件に関し、毒性や分析技術が重要な関係にあり、又行政上の基準として運用する上での配慮なり、制約が必要である。よって以下において水質基準のあり方、及びその運用上の留意点について整理しておく。

水道法に基づく水質基準は、この基準に照らして供給水の水質上の適否が判断されるとともに、水道事業者等の供給する者が常時この基準に適合しているかどうかを確認するため、定期及び臨時の水質検査を実施し、必要に応じて給水停止等の措置を講ずべきことが要請されている。

いいかえれば、生活用水として人の健康及び利用上等の有害な影響に関する科学的データ（Criteria）に加えて、分析法、サンプリングと分析の実施の必要性や可能性についても配慮した上で基準（Standards）化されるべきである。このような考えについては、USEPAがWater Quality Criteria（1972）において、NAS－NRCの汚染委員会の報告書を引用して、「Criteriaの定義は特定の利用目的のための水の特性についての勧告を引き出すために求められた科学的データ」とし、これに水の特性の検査及び測定法の設定、時間的、空間的なサンプリングと検査及び評価の実施のための測定機器整備の実態のほか、政治的、社会的、経済的な配慮を加えて基準化を図るべきものであるとしている。これは環境水質の許容値の決定に関して述べたものであるが基本的な考え方において共通する。クライテリアから基準に発展させるための概念的なフレーム・ワークを図－Ⅲ－2－1に示す。

図-Ⅲ-2-1 クライテリアから基準に発展させるための概念的フレーム・ワーク



注) USEPA、Water Quality Criteria (1972)、筆者監訳による。

したがって水道の水質基準の設定に当っては、水質項目、基準値及び検査方法に関し、①人の健康及び利用上、必要かつ十分であるかどうか、②水道事業者等において監視測定が可能かどうか、③定期的に検査を行う必要があるかどうか等について配慮する必要がある。

第一の人の健康及び利用上の影響に関しては、水道が飲料水をはじめ、各種の生活用水及び事業活動用水に対し、一元的に供給されていることから、その基準は飲用等により人の健康に対し安全であることを最優先に考えるべきことは当然としても、直接健康上の影響はないものについても生活利用上の障害及び水道施設の損傷がないことについても配慮することが必要である。なお事業活動用水への配慮については、これらの要件を満たすことにより特殊な用途に供されるものを除き実態上支障を生ずるおそれはない。

第二の水道事業者等の監視測定能力に関しては、基準が行政上の基準として運用されるためには、水道事業者あるいはこれを補完する検査機関において所定の分析が十分な精度で行わなければならない。したがって水質分析機器及び分析技術者の配置と技術水準の実態について配慮することが必要である。

第三の定期検査の必要性に関しては、水道水が基準に適合しているかどうかを確認するために定期的に検査を行うことが義務づけられているから、一般的に問題とされない水質項目までを基準化することは、不必要な項目を強いることになり適当でない。したがって基準化される項目は原則として全国的に普遍して問題とされる物質又は指標に限定することとし、地域の地質的特殊性等により、例外的あるいは局地的に問題とされるものについては、ガイドライン的に分析方法及びCriteria（許容濃度を含む）を定め、個別に判断することが適当であろう。

以上のような基本的な考え方にに基づき検討されるべき事項を具体的に列記すれば次のようである。

- 1) 人あるいは動物に対する健康上及び生活利用上の影響に関する情報
- 2) 自然界における物質（又は指標）の含有濃度、及び汚染の実態
- 3) 水質検査の技術水準及び水道事業体の検査体制
- 4) その他の配慮
 - ① 国際機関及び先進諸外国の基準化の動向
 - ② 現行基準の運用上の支障と見直し
 - ③ 基準の定量的な表示

表Ⅲ-2-1 飲料水の水質基準（日本 海外対照表）

項 目	現 行 日	改 正 (53.8) 注	W		H	O	連	備 考
			第1 ヨーロッパ基準	第2 ヨーロッパ基準				
1 アンモニア性窒素	同時 不検出	(制 除)	NH ₄ として 0.05ppm					(出 典) 第1 ヨーロッパ基準 - European Standards For Drinking Water Second edition WHO (1970)
2 亜硝酸性窒素		合 量 10ppm						
3 硝酸性窒素	10ppm						10ppm	
4 塩素イオン	200ppm	同 左	200ppm (~600ppm)				350ppm	
5 過マンガン酸カリウム 相当量	10ppm	"						第2 国際基準 - International Standards For Drinking Water third edition WHO (1971)
6 一般細菌	100/1mL	"					100/1mL	
7 大腸菌群	不検出	"						
8 シアンイオン	不検出 (0.01ppm)	"	0.05ppm				(0.01ppm)	
9 水 銀	不検出 (0.02ppm)	本 検 出 (0.0005ppm)					0.002ppm	
10 有機 機	暫、定 (0.01ppm)	同 左						第3 米 国 - National Interium Primary Drinking Water Regulations EPA-570/9-76-003 (1975)
11 銅	不検出 (0.1ppm)		0.05ppm				1.0ppm	
12 鉄	0.3ppm	"	0.1ppm				0.3ppm	
13 マ ン ガ ン	0.3ppm	"	0.05ppm				0.1ppm	
14 亜 鉛	10ppm	"	5.0ppm				5.0ppm	
15 鉛	0.1ppm	"	0.1ppm				0.1ppm	第4 米国()内 - Drinking Water Standards Public Health Servi- ce (1962)
16 六 価 ク ロ ム	0.05ppm	"	0.05ppm				0.05ppm	
17 塩 素	0.05ppm	"	0.05ppm				0.7~1.5ppm	
18 弗 素	0.8ppm	"	0.7~1.7ppm					第5 ヲ 連 USSR国定規格 2874-73飲料水 (1973)
19 硬 度	300ppm	"	CaCO ₃ として 100~500ppm					他欧ペリリウム(0002) モリブデン(0.5) ポリアクリルアミド(2)
20 蒸 発 残 留 物	500ppm	"					1,000ppm	
21 フェノール類 (フスノールとして)	0.005ppm	"	0.001ppm					
22 陰イオン界面活性剤	0.5ppm	"	0.2ppm					
23 pH 値	5.8~8.6	"						
24 臭 気	正 常	"						

(注) セレンについて、暫定基準として0.01ppm(mg/L)が定められている。

Ⅲ－２－２ 水質基準の運用上の留意点

水道法に基づく水質基準は、水質基準に適合すべきことを義務づけている（第４条）が、不適合であることが直ちに罰則とはリンクしていない。この意味において水質基準の基本的な性格は、許容基準ではなく、推奨的な基準である。ただ供給する水が人の健康を害するおそれがあることを知ったときは、直ちに給水を停止し、かつその水を使用することが危険である旨を関係者に周知する措置を講ずべきこととしており、（第２３条）この意味で一部の、例えば大腸菌群、シアン等については許容値として働き、この判断は水道事業者委ねられている。実態的にみて、色、濁り、臭気、味などのように、使用者が感覚的に水質の異常を知る場合には、苦情となり、水道事業者としても健康上の支障はないとしても何らかの措置をとらざるを得ないであろうが、その他の基準不適合について、給水停止の措置をとるかどうかは、その措置により住民に不便を与えることは勿論であるが、かえって水質に関し不安を与えることになるから慎重でなければならない。どの段階で給水停止なり、給水制限をすべきかは、使用者のコンセンサスが得られるかどうかを十分に配慮する必要があるが、法律上の水質基準の不適合と給水の緊急停止措置との関係を述べれば次のようである。

ここでいう「人の健康を害するおそれ」とは、その水を使用すれば直ちに人の生命を害するか、又は身体の正常な機能に障害を与えるなど、具体的な危険のある場合をいい、その水を長期間使用することによって、にじめて身体に障害の起るような場合は含まれないと解されている。したがって給水を停止すべき場合というのは次のような場合である。

(1) 汚染原因が明らかな場合

- 1) 水源及び取水、導水の過程にある水が、浄水操作等により除去することが困難な病原生物、又は有毒物質に汚染され、あるいはそのおそれのあるとき、及び浄水操作等により、除去を期待するのが困難な程度にまで著しく有害物質に汚染され、あるいはそのおそれのあるとき。
- 2) 浄水、送水、及び給配水の過程にある水が病原生物、又は有毒物質に汚染され、あるいはそのおそれのあるとき、及び著しく有害物質に汚染され、あるいはそのおそれのあるとき。

(2) 汚水原因が不明である場合

水源及び取水、導水の過程にある水において、次のような変化があるときは直ちに取水を停止し、その検査を行うとともに、必要に応じて給水を停止する。

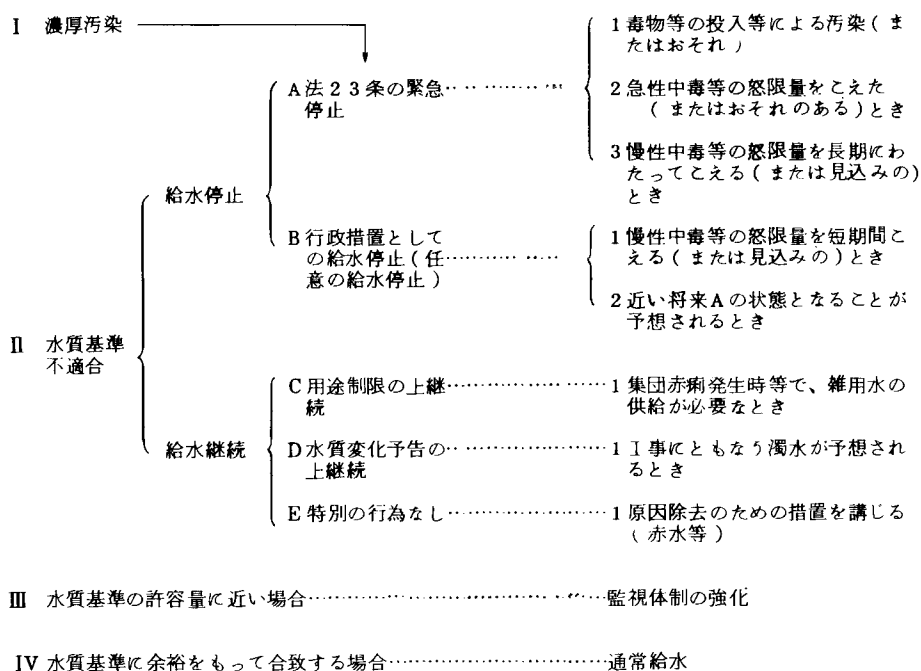
- 1) 不明の原因によって色及び濁りに著しい変化が生じた場合
- 2) 臭気及び味に著しい変化が生じた場合
- 3) 魚が死んで多数浮遊する場合
- 4) 戸過装置を有しない水道の水源において、人又は動物の死体、ごみ及び汚泥その他の汚物が浮遊したり、遊泳又は洗たくををているのを発見した場合

(3) 塩素消毒が行われない場合

塩素注入器の故障、又は薬剤の欠如のため、消毒が不可能となり、かつ供給される水が人の健康を害するおそれがあることを知った場合。

以上において給水の緊急停止の措置をとるべき場合を具体的に列記した。水質検査の結果、とるべき措置についての一つの考え方を示せば図Ⅲ－２－２のようであろう。

図Ⅲ－２－２ 水質基準に合致しない場合の取扱い



第3節 水道原水の水質クライテリア

Ⅲ－3－1 わが国の水道水源の水質環境基準（原水基準）

第1章において考察したように、河川、湖沼等の水質汚濁は経済の高度成長とともに急速に進行し、最近水質保全にかかる諸施策の推進によってかなり改善されたが、一部の河川、湖沼等の水道水源の汚濁度は高いレベルにある。

今日の浄水技術をもってすればいかなる原水でも飲料レベルに処理することは可能であるといえようが、現実には技術的、経済的制約があるから、水道として利用し得る原水水質には限界があり、又望ましい水質レベルが存在する。水道行政上、これらの水質レベルを明らかにして原水水質がよりよい状態に保持されるよう主張するとともに、水源を質的に評価し、計画に際して浄水方法の選定及び浄水管理レベルの決定の目安を与える意義を有する。

このような観点から、わが国においても一つの原水基準が示されている。これは生活環境審議会公害部会、水質に係る環境基準専門委員会の答申（4.5.4）で、水質の環境基準の設定との関連で作成されたものであるから、水道原水の望ましいレベルとして示めされたものである。

基準は表Ⅲ－1－7のとおりである。(注)に示すように、健康阻害項目、利用阻害項目及び水道施設やその機能に関する機能阻害項目について定め、また(参考)に示すように基準値はわが国の水道水源及び浄水施設の現状、及び浄水施設の浄化機能及び管理水準を考慮して3つに区分して設定されている。水質項目については今後検討を要する項目として酸度、アルカリ度、ウイルス、放射性物質、温度、CCE、有機塩素剤等の農薬、セレン、バリウム等の重金属類、油脂類、臭味源物質等とし、今後の調査研究が進み、健康阻害や利用阻害あるいは機能阻害の点で問題があると認められた段階で速やかに検討を加え、基準値を設定する必要があるとしている。

また、表中3類に示されている基準値は高度な浄水操作に対応するもので、現在のわが国の浄水操作の実態を考慮して、薬品沈殿－急速濾過方式を基本とし、前塩素処理などの前処理を伴う浄化施設で、浄水処理に必要な原水水質を連続測定し、薬品を原水水量に応じて比例注入し得る設備等を有し、かつ水質に関する専門教育を受けた技術者が処理操作を行なう管理体制にあるものを想定している。

以上の成果は現行の公害対策基本法に基づく「水質汚濁に係る環境基準」(4.6.12)に反映されている。すなわち水産生物への蓄積を考慮して定められた総水銀、PCB以外の健康項目、及び生活環境項目のpH、BOD、COD、大腸菌群数はこの原水基準どおりに設定されている。

Ⅲ-3-2 諸外国における水道の原水基準

水道水源として利用される河川、湖沼の水質について、多くの国でCriteriaを示している。その例を表Ⅲ-3-2、(1)及び(2)に示す。

これらのCriteriaはわが国と同様、水質保全上の要望値として定められているものである。わが国のそれと比較して特徴的にみれば次のようである。

先づ比較的情報量の多い米国については、USEPAの公表したWater Quality Criteria(1972、邦訳筆者監修)がある。これはわが国と同様に急速汚濁法を想定してとりまとめられているが、水質項目については、わが国の項目以外としてCCE、バリウム、硫酸イオン、油脂類につき勧告値を示しているほか、ホウ素、アルカリ度、リン酸塩、DO、ニトリロアセテート、プランクトン、PCB、フタル酸エステル、銀、ナトリウム、溶解性物質、ウイルス、放射性物質についても勧告値は示していないが、現時点での多くの科学的データを提供している。なお農業については各種物質ごとに示しているが、BOD、CODについてはとくに議論はしていない。

ソ連邦は同国保健省が「衛生的生活の用に供する水道水源の水質に関する有害物質の許容濃度限界及び飲用もしくは文化的生活の用に供する水域の水質の成分及び性状に関する要望」(1972・12)としてとりまとめている。ここではBOD、DO、SS、透視度、臭味等の一般項目10項目のほか、420項目の有害物質について許容限界濃度を示しているのが特徴的である。その他ブルガリア、ルーマニア、オランダ、ノールウェー等も50～60項目を示している。これらの数値の根拠等の詳細は不明であるが、かつて訪日したソ連邦の一衛生学者が上記の水質要望値は衛生、水産、自然保護等の各分野での要望値のうち最もきびしい値を示したものであると述べたことから推察して、それぞれの物質について検定方法、毒性等(クライテリアの中で有害性を区分して、衛生的毒性、官能刺激性、一般衛生に別けている)に関する研究が進んでいるものと考えられ、このこと自体に敬意を表するものである。またこのようなCriteriaは現実の行政運用上の活用

度は低いと考えられるが、有害物質を網羅的に明らかにすることによって、将来問題が発生したときのために事前にその判断根拠を準備しておくことは十分に意味のあることであり、わが国においてもさきに飲料水基準の節で述べたと同様に調査研究を拡大し、Criteriaとして科学的データを蓄積するべきと考える。

また主要な指標についてみると一部の指標においてかなり差のあることが目立つ。例えば、BOD については3 ppm（日本、ソ連）、5 ppm（ブルガリア、オランダ、ルーマニア、ポーランド）、6 ppm（WHO）、アンモニア性窒素については、0.08 ppm（ノルウェー）、0.5 ppm（日本、米国、WHO）、1 ppm（ルーマニア、ポーランド）、2 ppm（ソ連、オランダ）であり、又硝酸性窒素についてもかなり差のあることがわかる。これらの相違はその詳細が米国以外は不明であるが、各国の原水基準の性格や考え方、浄水施設の実態、河川等の汚濁の状況等に基因するものであろう。筆者の見聞したところでもヨーロッパ大陸の主要河川の汚濁度は著しく、そのための浄水プロセスも複雑多様である。また米国West Virginia 州では完全又は補助的な処理を行うこととして、日間平均BOD 5.5 ppm（日間最大7.5 ppm）としている。これらから推察して急速濾過法に若干の前処理を付加したレベルの浄水操作に比して、かなり高度な処理を予定した利用可能な原水基準を定めたものと考えられる。

以上のように諸外国の原水基準を概観するとき、わが国においてもより多項目にわたるCriteria作成のための調査研究を拡充することの必要性を痛感するとともに、わが国の原水基準を超えたレベルでの限界値をより高度な浄水操作との関連で検討し準備する必要があるものと考ええる。

Ⅲ-3-3 当面留意すべき水質指標についての考察

表Ⅲ-3-3に示すように「水道施設設計指針・解説」においては、浄水方法選定の目安として、原水水質との関連では大腸菌群、一般細菌、BOD、濁度、色度、pH、鉄、マンガン、フッ素、陰イオン活性剤、フェノール類、生物、臭味、侵食性遊離炭酸をとり上げている。また維持管理上留意すべき項目としてアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、DO、アルカリ度が追加されている。

一般的にいて、水中の各種汚濁物質のうち、懸濁成分については浄水や下水処理プロセスでほとんど除去できるが、溶解成分については、鉄、マンガンのように酸化プロセス

表III-3-2 (1) 水道水源の原水基準例

水 質 項 目	日 本	ア メ リ カ	ソ 連	備 考
濁 度	30度※	※※	SS 0.25ppm	※豪雨時を除く、※※勧告せず
色 度	5度※	75度※※	2度	※※プラチナコバルト色度単位 ※染料の場合刺激純度にして1.5
pH	6.5～8.6	5.0～9.0	—	
臭 気	TO 3※	異常なし	2度	※緩速戸過(SSF)はTO 5
味	TO 3※	—	2度	※ " "
NH ₄ - N	0.5 ppm	0.5 ppm	2 ppm	
NO ₃ - N	10 "	10 "※	10 "	※NO ₂ - N 1 ppm以下
大腸菌群	MPN/100ml 5000	2000/100ml	※	※病原生物はND
一般細菌	5000/1ml	—	—	
BOD	3 ppm	—	3 ppm※	※DO 4 ppm以上
COD	3 "	—	—	
溶解性物質	400 "	(500ppm)	物質ごと	
総 硬 度	300 "	—	—	
Cl ⁻	180 "	250 "	350 "	
CN	ND	0.2 "	0.1 "	
T-Hg	ND	0.002"	0.005"	
有 機 リ ン	ND	※	—	※有機リン系農薬、カルバミン酸系農薬 が含量で0.1ppm以下、有機塩素系農薬 各種及びクロロフェノキシル系除草剤各 種の許容値あり
Fe	0.3 ppm	0.3 "	0.5 "	
Mn	0.05 "	0.05 "	—	
Cu	1.0 "※	1 "	1.0 "	※SSF 0.1 ppm
Zn	1.0 "	5 "	1.0 "	
F	0.8 "	14～2.4 "	1.5 "	
Cd	0.01 "	0.01 "	0.01 "	
Pb	0.1 "	0.05 "	0.1 "	
Cr ⁶⁺	0.05 "	T-Cr 0.05 "	0.1 "※	※T-Cr 0.5 ppm
As	0.05 "	0.1 "	0.05 "	
フェノール類	0.005"	0.001"	0.001"	
陰イオン活性剤	0.5 "	0.5 "	0.5 "	
Ba	—	1 "	—	
油 脂	—	ND	物質ごと	
CCE	—	0.3ppm※	"	※CAEで1.5ppm未満
Ce	(0.01ppm)	0.01 "	0.001"	
SO ₄ ²⁻	—	250 "	500 "	

(注) USERA(「Water Quality Criteria (1972)」)は、急速汚過法を仮定して定めたもの。なお、次のような物質についても検討されているが勧告値は出ていない。ホウ素、アルカリ度、DO、ニトリロトリアセート(NTA)、プランクトン、PCB、Ag、Na、溶解性物質、ウイルス、なお放射性物質については各種定められている。

ソ連(同保健省の「要望」(1972))

衛生的毒性、一般衛生、官能刺激に区分して420項目について基準値(要望値)を定めている。但し、基準値の根拠は不明である。

表Ⅲ-3-2 (2) 諸外国の水道用原水基準例(主要な指標)-上限値

国 名	pH	B O D ₅	COD(Mn)	D O	アンモニア 性 窒 素	硝 酸 性 素	基準値のあ る 項 目 数
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
日 本	6.5~8.6	3	10	5	0.5	9	29
W H O	—	6	10	—	0.5	7	24
米 国	5.0~9.0	—	—	—	0.5	10	(46) 30
ソ 連	6.5~8.5	3	—	昼間の12 hrs 4 75% 6	2	10	430
ブルガリア	6.5~8.5	5	10	50%	0.05	5	58
オランダ	6.5~8.5	5	—	50%	2	4	27
ルーマニア	6.5~8.5	5	10	6	1	10	31
ポーランド	6.5~8.0	5	10	6	1	1.5	47
ノルウェー	8.0~8.5	—	15	70%	0.08	2.5	19

- 注 1) 日本は生活環境審議会の報告(1970)、米国はWater Quality Criteria (1972)、ソ連は同保健省の「衛生的生活の用に供する水道道源の水質に関する有害物質の許容濃度限界、及び飲用又は文化的生活の用に供する水域の水質の成分及び性状に関する要望」による。その他は国連経済社会理事会、ヨーロッパ経済委員会のMethods of Establishing National Protection Standards For Major Water Pollutants Quality Standards for waters and effluents等による。
- 2) 日本、米国、ソ連は急速汚過法を前提とすることが明記されているが他は不詳。
- 3) 米国の基準値のある項目欄の(46)は検討されたが基準値が勧告されなかった項目数であり、農薬3、放射能、細菌、ウイルス各1と数えている。
- 4) DOの%は飽和濃度に対する比率。

Ⅲ-3-3 浄化方法の選定の目安

(水道施設設計指針・解説)

浄水方法	原水の性質	処理法		摘 要
塩け素の消消毒式だ	①大腸菌群(100ml MPN) 50以下 ②一般細菌(1ml)500以下 ③他の項目は水質基準に常に適合する	消毒設備のみとすることができる。		
緩速戸過方式	①大腸菌群(100ml MPN) 1,000以下 ②生物化学的酸素要求量(BOD) 2 ppm以下 ③年平均濁度10度以下	緩速戸過池	沈殿池不要	年最高濁度10度以下
			普通沈殿池	年最高濁度10~30度
			薬品処理可能な沈殿池	年最高濁度30度以上
急速戸過方式	上記以外	急速戸過池	薬品沈殿池 高速凝集沈殿池	①濁度最低10度前後、最高約1,000度以下、変動の幅が極端に大きくないこと ②処理水量の変動が少ないこと
特殊処理を含む方式	侵食性遊離炭酸	エアレーション アルカリ処理		
	pH調整(pH低く侵食性)	アルカリ処理		
	鉄	前塩素処理、エアレーション、pH調整、鉄バクテリア法		
	マンガン	①〔酸化〕+〔凝集沈殿〕+〔砂戸過〕前塩素処理、過マンガン酸カリウム処理、(オゾン処理) ②接触戸過法 マンガン砂戸過、二段戸過 ③鉄バクテリア法		
	生 物	薬品〔硫酸銅、塩素、塩化塩〕処理、二段戸過、マイクロストレーナ		
	臭 味	発生原因生物除去、エアレーション、活性炭処理、塩素処理、オゾン処理		
	陰イオン活性剤、フェノール等	活性炭処理(オゾン処理)		
	色 度	凝集沈殿、活性炭処理、オゾン処理		
	フ ッ 素	活性アルミナ法、骨炭処理、電解法		

()は、実際にはあまり使用されていない

によって比較的容易に除去できるものを除き、無機性、有機性のいずれも問題がある。

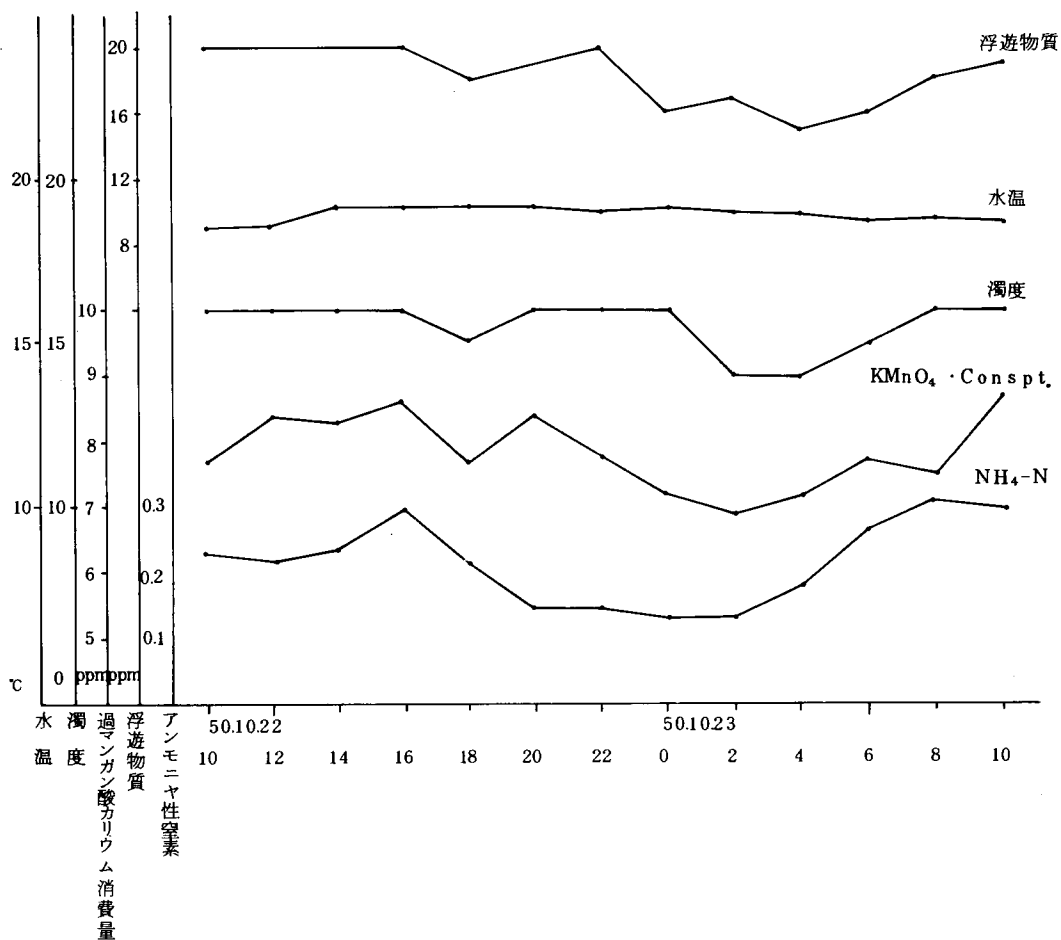
個々の物質、又は指標にかかる薬品沈殿—急速戸過方式の行政技術的にみた原水水質の限界はⅢ—1—7において紹介したとおりであるが、上記の浄水方法の選定の目安として配慮された項目以外で、とくに今後、行政上、原水水質を基準化する方向で検討すべき項目は、窒素化合物とCCE等で表示される溶解性有機物質であるような印象を受ける。すなわち、近年における様々な汚水に由来する汚濁の進行は、各種の未確認物質や生物に対する不安を増大せしめているが、前述のように懸濁性成分については比較的容易に浄水処理できるとしても、生活排水から不可避免的に供給され、あるいは工場排水、農薬のように経済的、あるいは突発的に混入する窒素化合物及び溶解性の微量有機物質は、前者は主として浄水コストの点から、後者は主としてその種類が多様で固定が困難であること、したがって個々の物質について浄水効率が評価できない点から問題である。とくに未確認の有機物質については、最近USEPAが塩素消毒によってクロロホルムの形成を報告して、基準値として0.1 ppmを定め、又わが国でもこの基準値は超えないが塩素添加によってクロロホルム等のトリハロメタンの増加することが確認されており、又その他の微量な有機物、例えば有機塩素系農薬等の同定し難い物質に対する不安は払拭できない状況にある。

現在わが国で実際に行われている浄水方法は表Ⅲ—3—3に示されているものではほぼ網らされている。主として異臭味除去のために活性炭注入又は戸過を、多くはその発生時期に限って行っているものが49浄水場ある。これは結果的に各種の未確認物質も吸着除去されていることになろうが、これらの例にみる異臭味問題のある浄水場では発生時に注入又は戸過を行うことは当然に必要なが、Ⅱ—2—5において考察したように、上述のような溶解性の微量有機物質に対処するため、各種排水で比較的高度に汚濁されている河川を原水とする浄水場では経常的に活性炭戸過を行なうことが必要ではなかろうか。また、窒素化合物について、毒性上問題とされるのは硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量として10 ppm以上である。アンモニア性窒素は酸化されて亜硝酸、又は硝酸に変化するから、総窒素量に着目する必要がある。一方アンモニア性窒素は有機汚染、とくにし尿汚染の指標として重要であるとともに、浄水操作上も重要な指標である。すなわちアンモニア性窒素は塩素と結合してクロラミンとなり、その消毒力を低下させるとともに、塩素要水量を増加させ、例えば図Ⅲ—3—1のように汚濁度の高い河川等においては、その濃度も高く、

かつ時間的变化がはげしいから、過剰な塩素注入とその時間的調節に高度な管理を必要とする。また過剰塩素処理はⅡ-2-5において指摘したように有機塩素化合物の生成を助長する。

このように原水中のアンモニアの存在は浄水管理上様々な影響を与えるから、水道原水の水質を論ずる上で注目する必要がある。

図Ⅲ-3-1 淀川（柴島）水質の時間的变化



かが国の水道原水とされている河川表流水の水質をみると、渇水年である48年度について、淀川柴島地点でアンモニア性窒素平均0.77 ppm（最大1.72 ppm）、亜硝酸性窒素平均0.04 ppm（最大0.05 ppm）、硝酸性窒素平均0.45 ppm（最大0.51 ppm）、レベルで、過剰塩素処理を要するアンモニア性窒素が問題であるが、総窒素としてはそれ程問題はない。また多摩川ではアンモニア性窒素平均3.8 ppm（最大8.4 ppm）、亜硝酸性窒素平均0.2 ppm（最大0.3 ppm）、硝酸性窒素平均1.1 ppm（最大3.2 ppm）で、アンモニア性窒素レベルは極めて高く、通常この10倍量の塩素要永量となるからアンモニア性窒素に対し何らかの浄化法を考える必要があり、又総窒素でも10 ppmを超えることがあるから脱窒素に関する何らかの浄化法を必要としているが、現在のところ取水されていない。も一方の有機汚濁の著しい大和川は、51年度についてアンモニア性窒素平均2.2 ppm（最大7.2 ppm）を示しており、そのために5 ppmを超える場合には取水停止（そのほかBOD 15 ppm、陰イオン活性剤1.5 ppmを超える場合等を含む）を行なうと共に、48時間以上滞流の普通沈澱池により水質変動を調節し、平準化し、前塩素処理（平均約5 ppmレベル）、薬品沈澱、急速戸過により浄化している。そのアンモニア性窒素量の年間平均的推移は次のようであり、急速戸過方式で上記のように若干の処理工程と操作によってある程度の対応は可能であるが、なお浄水中の残留量についてはその挙動と影響につき関心を持つ必要がある。

表Ⅲ－３－４ 浅香山浄水場（大和川）のアンモニア性窒素の処理プロセス内の挙動

	(51年度)		
	平 均	最 高	最 低
原 水	2.2 0	7.2 0	0.1 2
普通沈澱水	2.0 6	3.1 0	1.1 3
薬品沈澱水	1.7 5	3.5 2	0.2 0
急速戸過水	0.5 4	1.4 3	0.0 3

今後このような水源の活用が強えられる状況も予想されることから、アンモニア性窒素のほか、窮局的には硝酸性窒素にかかる各種除去法を確立する必要がある。

窒素化合物にかかる原水水質と浄化方法との関係、及びその経済性について、OECDの研究報告がある。(OECD、ENV/WAT/77.6)

表Ⅲ－３－５ 窒素化合物含有量例

区 分	アンモニア性窒素	亜硝酸性窒素	硝酸性窒素	地 域 名
大和川(48年)	0.70	0.40	4.60	浅香山
(50年)	1.50	0.13	2.80	"
(51年)	2.2 (7.2)	—	—	"
多摩川(48年)	3.8 (8.4)	0.2 (0.3)	1.1 (3.2)	玉 川
淀 川(48年)	0.77 (1.72)	0.04 (0.05)	0.45 (0.51)	柴 島
(50年)	1.80	0.033	0.25	"

注(1) 数値は年平均ppm、()は年間最大値

(2) 最水値の記載にあるものは各都市の年報、その他は「水道統計」による。

将来的には環境基準にも加えて河川等の水質改善の目標とし、所要の対策を講ずべきことを主張するとともに、OECDの提示しているようなアンモニア性窒素及び総窒素に着目したアンモニア・ストリッピング、硝化池、高pH値でのばっ気等の除去法について調査研究を蓄積する必要がある。

第４節 水質汚濁に係る環境基準とその運用に関する考察

Ⅲ－４－１ 水質汚濁に係る環境基準

水質汚濁に係る環境基準は、公害対策基本法第9条に基づき、水質保全上の行政目標として、「人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準」として定められている。

その内容は表Ⅲ－１－８のとおり、人の健康に係る環境基準（健康環境基準）と生活環境に係る環境基準（生活環境基準）とに大別され、後者については河川、湖沼、海域ごとに基準値が定められている。

健康環境基準は、シアン、アルキル水銀、有機リン、カドミウム、鉛、6価クロム、ヒ素、総水銀、PCBの9項目について定められている。これらの基準はすべての公共用水

域に共通的に適用されると共に、常に維持達成することとされている。

生活環境基準は、河川、湖沼、海域別に、それぞれ水域の利用目的の適応性を考えて類型に区分し、個々の水域をこれらの類型にあてはめていく方式（指定方式）がとられている。

水域類型の指定は、水質汚濁防止を図る必要のある公共用水域について、それぞれの水域の現在ならびに将来の利用目的や現状水質、及び汚濁源の立地状況等を勘案して決定されるが、国の指定にかかる47水域（主要な県際水域）については関係知事その他の関係者の意見を聞いて行なうと共に、その内容及び達成期間を公示しなければならないとされている。

環境基準の達成期間は、所要の水質汚濁防止対策の効果との関連で定められることとなるが、その期間によって、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに分類される。Ⅰは直ちに達成、Ⅱは5年以内達成、Ⅲは5年をこえる期間で、できるだけ速やかに達成することとされている。

環境基準が達成されているかどうかの判定は、健康項目については流量等のいかに問わず常時達成されなければならないが、生活環境項目については、河川等の流量等によって変ることを考慮し、通常の状態にある場合として、河川にあっては低水量以上の流量がある場合、湖沼にあっては低水位以上の水位にある場合において測定された結果について行なうこととされている。

Ⅲ－４－２ 現行環境基準の類型指定方式における諸問題と考察

筆者が実際に環境基準の類型指定作業に当たった際に当面した諸問題のうち、類型方式そのものにかかる問題点について考察したい。

（１）水質項目間の跛行性

現行の類型は河川、湖沼、海域につきそれぞれ5項目の水質項目をセットにして定められているが、同一類型について環境基準値と実際の水質値の間には必ずしもパラレルの関係があるとは限らない。

例えば端的な事例として、北上川上流部（赤川）のように、硫黄鉱山跡地（旧松尾鉱山）からの主として坑内水（pH 1.0～2.0）の流出に伴ない、その一部を中和操作しているにもかかわらず赤川富士見橋地点で強酸性（pH 2.9～4.4、48年）を示し、また北上川本川でもかなり酸性が継続している。（四十四田ダム地点、pH 4.9～6.9、48年）

BOD、SS、その他の項目から判断すれば、河川「A」類型に分類されるがpHだけは例外となる。

また、佐賀県六角川の例をみると、河川感潮部にあたり、潮汐の影響を受けて、とくに干潮時のとくに引潮時に河川底質を浮上させるため、SSが顕著に高くなる。そのため日間のSSは数10 ppm～数1,000 ppmに変化する。BODもSSとおおむねバラレルに変化し、1～20 ppmの値を示す。(図Ⅲ-4-1)

また、港湾内においては、船舶の航行により、大規模なビルジやバラスト水の排出はないとしても、油分の検出が避けられない場合が少なくない。油分については「C」類型のみにその検出を許容しているので、油分が検出する点から類型を指定すると、COD 8 ppm以下の「C」類型となり、多くの場合現状水質を著しく悪化することを許容することになる。

このような自然的な、あるいは制御し難い特定の項目がある場合、現行の類型指定方式をそのまま適用すれば、特定の項目に支配されて現状水質の悪化を許容することになるし、あるいは特定項目が類型外の数値を示す場合には類型指定はできない。

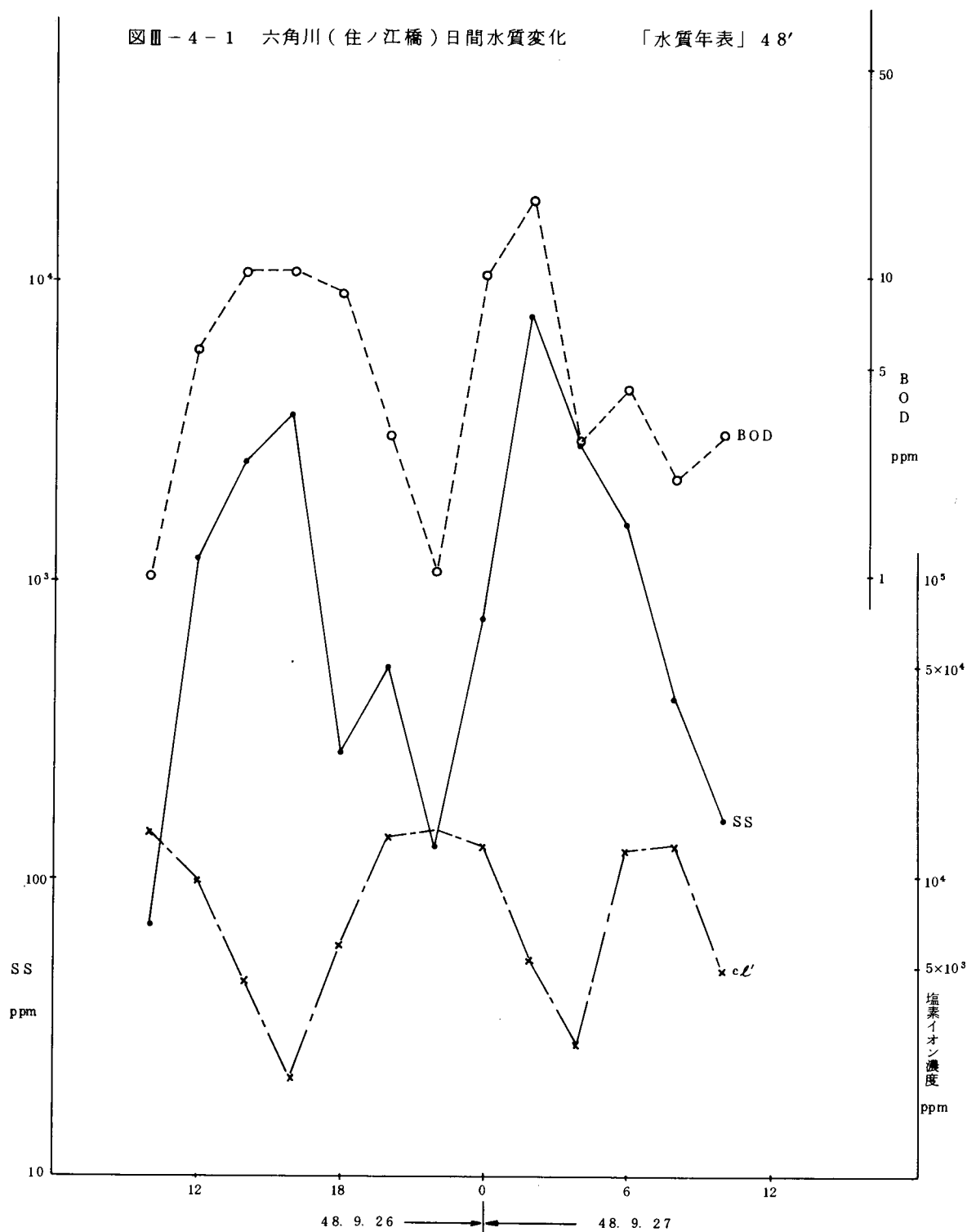
現在までのところ、特定の項目を除き、BODを中心とした他の項目の水質値を基として類型指定を進めてきたが、今後項目が追加されることになると、このような同一類型における水質項目間の跛行性の問題は避け難くだろう。このことは類型指定方式の欠かんともいえよう。

しかしながら、例外的ともいえるこれらの事例があるからといって現行方式を否定されるべきではなく、むしろ多くの長所を有するので現行方式を支持し、そのさいの運用法、あるいは留意点を指摘するものである。類型指定方式の長所を考察すれば次のようである。

- ① 現行の類型指定方式は、各種の利用目的とのリンクで区分されていて、指定にあたっては、個々の水域ごとの利用目的の多様性を考慮して行うこととされているように、その水域の水資源的価値あるいは水環境のあり方を基本として、現在ならびに将来にわたって維持し、または改善するための清浄度、いかえれば汚濁レベルを行政目標として示すことに意義があること。
- ② 環境基準が行政目標であることから、簡潔かつ明確なものであることが望ましいが、現行方式はかなりこの趣旨を満足していること。

図Ⅲ-4-1 六角川(住ノ江橋)日間水質変化

「水質年表」48'



- ③ 利用目的を最大のメルクマ^ルークとして設定されるから、實際上利用目的に支障はないこと。

先に例示した自然的な原因による汚濁も、それを前提としてその水域の自然の環境や生態系があり、水利用があるから、その状態を是認し、特例的な扱いをすることで足りること。これを是認するかどうかは、一般にその改善には莫大な費用を要することから、cost - benefit の面からの検討と、地域住民の選択と首長の決断にかかる問題であろう。

- ④ 項目間の跛行性は、類型指定方式をとる限り避けられないが、各種利用目的を維持する立場から、総合的、平均的にみれば一般的には類型ごとの清浄度あるいは汚濁レベルはかなり均衡していること。例えば上水道についてはその浄水能力、水産については魚貝類の生育の観点から一応整合されている。

(2) 汚濁のライセンス

現行の類型指定方式では、先に述べたように「現状よりも少くとも悪化することを許容することとなつてはならない」とされているが、類型が段階的に区分されているために、現在の水質を環境基準レベルまでの悪化を許容することとなる場合が少くない。

例えば水質汚濁が進んでその水域の利用目的に支障が生じているような場合には、改善する方向で上位の類型にランクされるからこの問題はない。しかも^し例えば河川において BOD が 1.5 ppm の場合には、河川類型の「AA」、または「A」（基準値はそれぞれ 1.0 ppm、2.0 ppm）のいずれかとなろうが、「A」として指定した場合、「AA」は汚濁源の殆んどない状態であるから、通常「AA」レベルまでの改善は困難であり、「A」として指定されることが多い。）2 ppm と 1.5 ppm の差は将来の汚濁のライセンスを与えたことになる。この場合、利用目的に支障はなく、かつ水質保全計画をたてる上では容易であり、経済的であろうが、上記の「現状よりも悪化させない」とする原則に反するとし、汚濁の進行を許容することにより、水道についてみれば浄水費の上昇、その他生態系の変化などの影響が生じよう。

このことに対応するため、類型指定にあたり、現状水質を悪化しないよう配慮する旨指導されているが、実態上の損失が顕著でないこと等から、このようなコメントなり、指導だけでは十分な実効が期せられるかどうかは疑わしい。

従って現行の類型指定により、ある範囲の広域的な流水基準として環境基準を設定すると同時に、現状水質を配慮しつつ、当該水域内のある特定の地点について維持することが望ましい水質値を設定して、これを水質監視上の基準とし、また水質保全計画上の目標水質とする等の方法で補完することが適当と考える。

すなわち、基準点方式ともいふべき、水域内の特定点（基準点）を定めて、その水域の特性に応じて、この地点で維持達成することが望ましい水質値を与える方式であるが、この方式の妥当性は次のようである。現行の類型方式が、後述のようなその水域を代表する2～3の基準点の選定上の問題や、項目間の跛行性、汚濁のライセンス等の問題点を有するのに対し、水域の特性に応じた水質指標を選定し、目標値を設定することにより、これらの諸問題にも対応できる。いいかえれば水質指標及び水質値の選定の自由度が高まり、実態に即した選定を行うことにより、項目間の跛行性、汚濁のライセンス等の問題は生じない。

又、現行の平面的な拡がりを持った水域の水質を評価するために2～3の地点（湖沼、海域については更に多い）の水質値を総合的に判断する方法では、水質の測定個数が著しく多くなるが、水域全体の水質の状態を把握した上で、代表的あるいは水質保全上重要な地点を選定し、その地点において水質保全上重要な指標を特定し、目標水質を与えることにより、所要の監視測定個数を減少させ、あるいは集中的に測定頻度を高めることが可能となる利点も有すると考えられる。

このように基準点方式には幾多のメリットを有する。しかしながら基準点方式では、基準点、水質指標、基準値の設定にあたり、水域ごとに、その汚濁の状況と多様な利水目的との調整、その基礎資料として将来の開発計画、浄化機構の解析、水質保全計画などにより精緻な作業が要求され、その間、水質目標値の決定をめぐって政治的な議論も生ずることも考えられ行政能率は著しく低下するおそれがある。類型指定方式でも同様な技術的検討や関連の調整は必要であるが、利用目的に重点を置いて、総合的に類型に基づく比較的ラフな目標（ランク）を設定しようとするものであるから、水質保全計画等における不確定要素もある程度の見通しの中に立って目標達成の判断をすることで足りようし、各種利水目的間の調整も容易と考えられる。

このように行政事務の能率化のメリットが大きいのが、総合的にみた場合、少なくとも

全国的な水質保全行政の展開をはかろうとする現時点では前述のような類型指定方式のメリットを強調し、いくつかのデメリットを補う運用により推進することが必要と考える。

一つの妥協案として、基準点方式のメリットを現行の類型指定方式にできるだけとり入れるという観点から、類型指定により水域の水資源的評価を簡潔かつ明確に表示し、同時に特定の地点の特有の水質値を与えて、水質監視および水質保全計画上の目標水質とする（チェックポイントとする）併用方式をとることを提言しておく。

Ⅲ－４－３ 現行の環境基準の水質調査法と評価法における諸問題と考察

(1) 環境基準による現行の水質調査法と評価法

ある水域の水質測定値を基として、その水域が環境基準に適合するかどうかの判断は、測定地点、測定時期あるいは時刻、測定回数等の水質調査法と、測定値の統計的処理の方法に密接な関係がある。

現行の環境基準の運用方法や水質調査法の関連する部分の概要は以下のようである。

a 健康項目

- 1) 水域の水量等のいかなを問わず、常に維持達成されること。
- 2) 測定回数および時間は、毎月1回以上、各1日につき4回程度以上とし、このうち1日以上は全項目について実施すること。その他の日は汚濁の状況、排出源の状態等からみて、必要と思われる項目について適宜実施する。

採水日は、採水日前において比較的晴天が続き、水質が安定している日を選ぶこと。

b 生活環境項目

- 1) 水域が通常の状態——河川では低水量以上の流量がある場合等——において測定すること。
- 2) 測定地点は、環境基準の維持、達成の状況を把握するための地点とし、水域ごとに選定された2～3の基準点とすること。
- 3) 基準点の選定は、水域の利用目的との関連を考慮すること。
- 4) 測定回数および時期は、毎月1日以上、各1日につき4回程度とすること。

このさい、水質変動の少ない地点では状況に応じて適宜回数を減じてよい。

また日間の水質変動の大きい地点では、年間2日程度は、各1日につき2時間間隔で13回採水分析する通日調査を行なう。

採水日は、採水日前において比較的晴天が続き、水質が安定している日を選ぶ。

5) 当該水域の水質が環境基準に適合しているかどうかは、環境基準点において通常の状態(前述)で測定された結果を総合的に勘案して判断する。

(2) 環境基準点の選定

環境基準点の選定については、前述のとおり水域内の利用目的について配慮して、基準の維持達成状況が把握できる地点とされているが、細部の選定の方法は明らかにされていない。

本来、基準点において測定された水質値は、これを基としてその水域の水質の状況を表示し、それが環境基準に適合するかどうかを判断するとともに、それが不適合の場合、あるいは現在適合していても将来的にみて不適合となる場合には、その維持達成のための水質保全計画を定量的に、策定し、実施していくための基礎データとして最も重要なものである。すなわち水質保全計画の目標の設定、負荷量計算、自浄作用などの算定を行う上での基礎データである。

従って基準点は、前段の当該水域の水質の状況を表示し、環境基準の適否を判断するためにはその水域の水質を代表する地点——通年的にはその水域の平面的及び断面的に、平均的な水質を示す地点であることが必要であろう。そのためには排水口直下や支川流入直後のような汚濁水の拡散域や、水の局地的な停滞等によって、水域全体からみて異常な水質値を示す地点は避け、流入する汚濁物質が河川水等と十分混合した(と考えられる)地点を選ぶよう配慮されるべきであろう。

また環境基準は、利水目的とのリンクで類型化され、設定されるものであり、基本的には利水の保護を目的としていることを考慮すれば、当該水域において保護されるべき利水地点に対する配慮は重要である。

後段の水質保全計画上の配慮としては、その計画の目標を設定する上から、その水域の代表的な水質を表わす地点であることが必要であり、また水域を区分して幾つかの類型が不連結に設定される場合には、隣接水域への影響を考慮して、隣接水域への流入地点、いいかえれば類型区分線上の地点を含んで選定するか、あるいは少なくとも

チェックポイントとして水質測定を行うような配慮が必要であらう。

さらに、水域の水質は流量に大きく影響されることから、環境基準の適否を判断したり、あるいは水質保全計画をたてるさいの汚濁負荷量を算定する上でも、流量の把握は重要である。すなわち環境基準に適合するかどうかは水域の状況が通常の状態－低水流量以上で測定された水質値を基として行うこととされており、（この点に関する実態上の問題点については後述する）、また水質保全計画のための汚濁負荷量を算定する場合等にも流量の把握が必要である。

$$L = C \times Q$$

ここでL；汚濁負荷量、C；水質値、Q；流量である。また自然水質C_oとして、ある地点の水質値Cは一般に次式による

$$C = \frac{L}{Q} + C_o$$

後述するように水質値と流量は必ずしも相関しないから、汚濁負荷量を流量に関係なく水質値（自然汚濁として例えばBODについては0.5～1.0 ppmを差引いた水質値）に比例するものとして汚濁負荷削減量△Lを求めることも可能である。

$$\frac{L_t}{C_t - C_o} = \frac{L_a}{C_a - C_o}$$

$$\text{又は } \Delta L = L - L_t = L_a \left(1 - \frac{C_t - C_o}{C_a - C_o} \right)$$

ここで、L_t、C_tは目標とする汚濁負荷量および水質、L_a、C_aはa地点の汚濁負荷量および水質、C_oは自然汚濁である。

この場合には流量に関係はなく算定できるが、例えば浄化用水の導入による水質改善の例（隅田川、堀川）に端的にみられるような水質－水量の一体的な管理が基本であるべきと考えるし、少なくとも当該水域の水質現象を理解する上で流量等の水文現象に関する情報は重要である。

以上のような考察から、環境基準点の選定に当っては、現在の①利用目的との関連を考慮して2～3地点を選定すること、従って当然に、②流入汚濁水等が河川水等と十分に混合した（と考えられる）地点、あるいはその水域の平均的な水質を表わす地点であることに加えて、③隣接水域との境界線上、あるいは類型区分線上の地点、④流量等の水文観測が行われている地点についてもあわせて配慮する必要がある。

実態的にみると、①および②の要件はかなり満たされているようであるが、③については殆んど配慮されておらず、④についても流量観測点が少ないこともあって十分には満たされていないような印象をうける。

(3) 通常の状態における水質測定と測定結果の取扱い

水質の測定は、生活環境項目については水域の状況が通常の状態——河川にあっては低水量以上の流量がある場合、湖沼にあっては低水位以上の水位がある場合等——において行ない、その結果に基づき環境基準の適否を判断することとされている。

ここで通常の状態として河川にあっては低水流量以上の状態等としているのは、河川流量がある程度減少した状態においても環境基準は維持されるべきである、いかえれば低水流量以下の渇水状態の水質は無視とする考えに基づく、さらにその背景には水質と水量とが逆比例的な関係にあることを予定している。

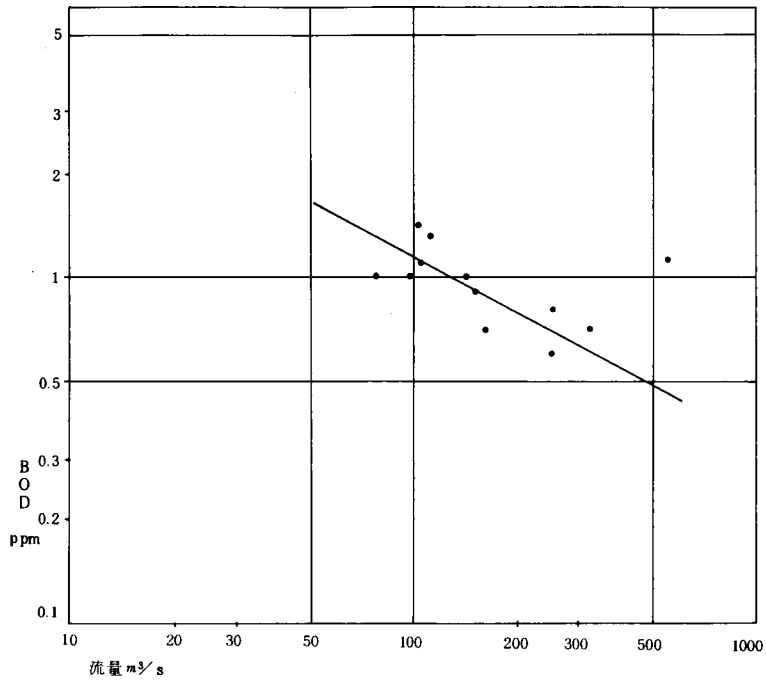
ここで問題となるのは、水質と水量とが逆比例的な関係にあることを前提として、低水流量以上で水質測定を行うこととしていること、および低水流量以下の状態は棄却していることである。

第一の水質と水量が逆比例的な関係を予定して、低水流量以上で測定することとしていることは、実態上必ずしも適確ではない。すなわち図Ⅱ－４－２～６に示すように、木曾川、大和川については水質－流量間に相関がみられるが、石狩川、淀川については相関はみられない。

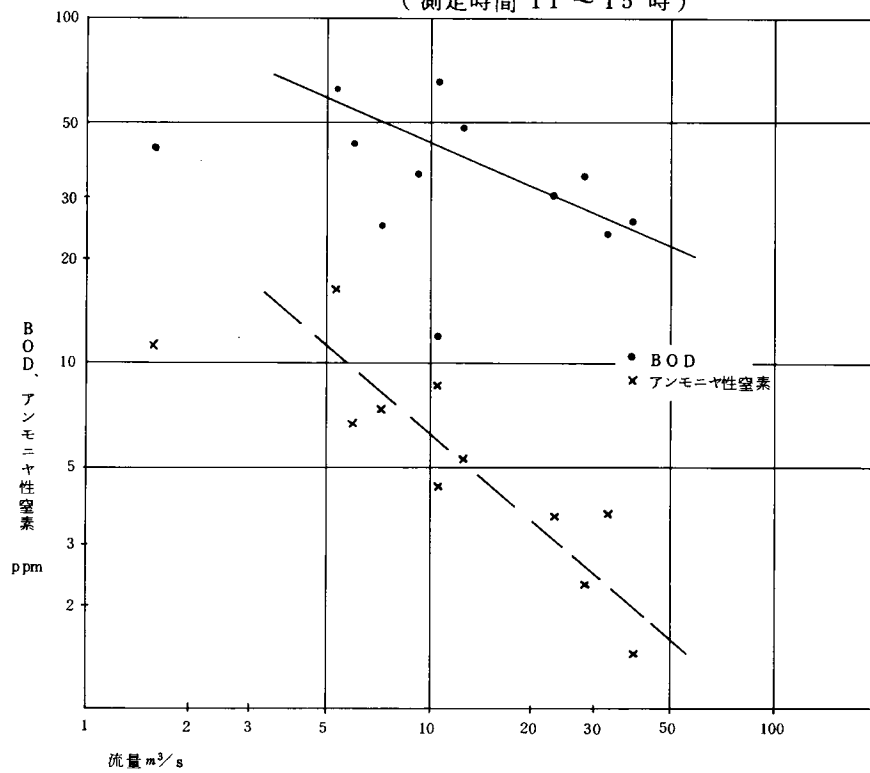
また淀川の場合、時間帯別にみると、例えば１６時～２２時のようにかなり相関するものもみられる。筆者が環境基準の類型指定の作業で取扱った事例についてみると、水質－流量間、あるいは湖沼での水質－水位間に相関のみられたものは極めて少なかった。

一方府県等で行なわれる水質測定の実態をみると、流量観測点が少ないこともあって、建設省がその管轄する流量観測所で行っている以外は、一般的には流量や水位を把握あるいは確認しないで採水、分析しているのが通例である。また野外の採水は降雨時や出水時には困難であり、実際上は行なわれていない。これらのことから、現在の建前である低水流量以上での測定は、実態的には、洪水時等の出水時を除き、逆に低水時以下の状態を含んだ任意の日に行なわれているものと推察できる。

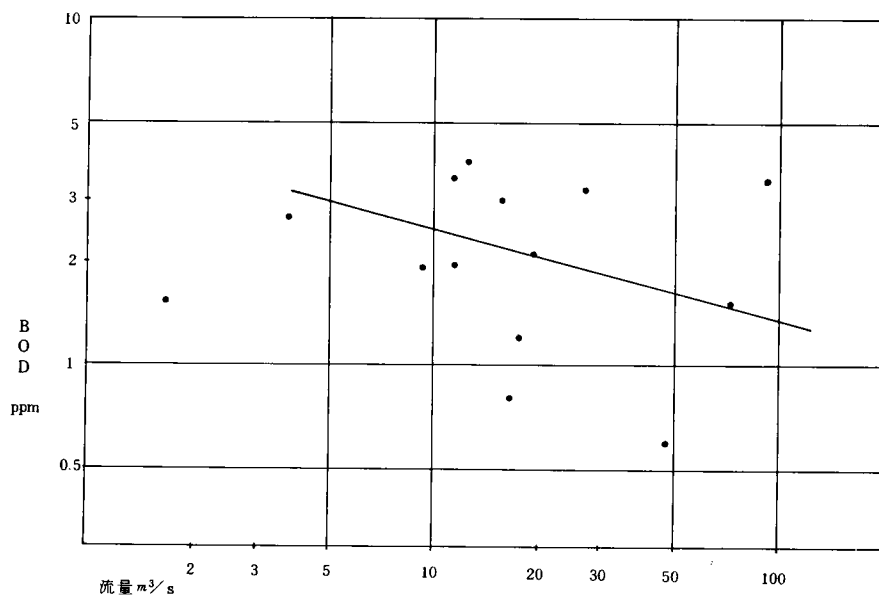
図Ⅲ-4-2 木曽川(起)48' BOD
(調査時間 午前11時頃)



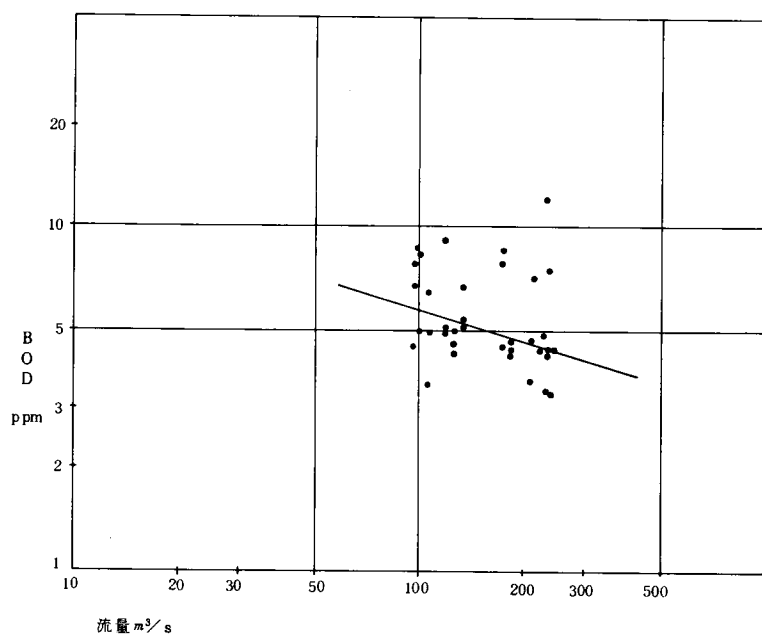
図Ⅲ-4-3 大和川(浅香)48'
(測定時間 11~15時)



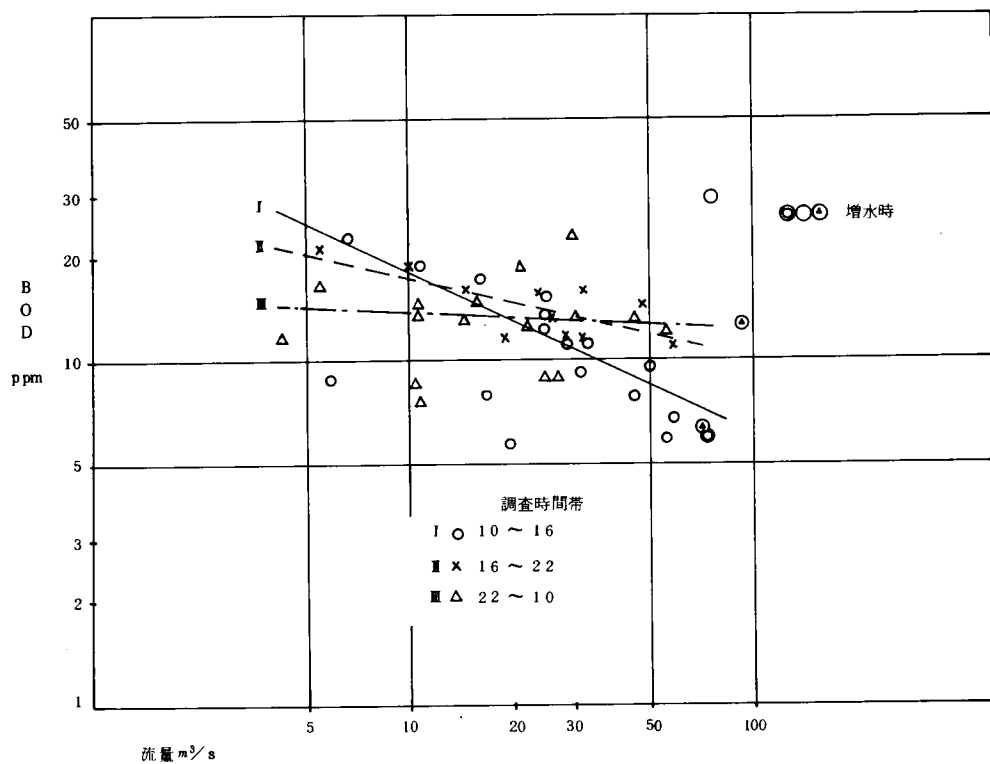
図Ⅲ-4-4 石狩川(豊平川-雁来) 48' BOD
(測定時間 10 ~ 15 時)



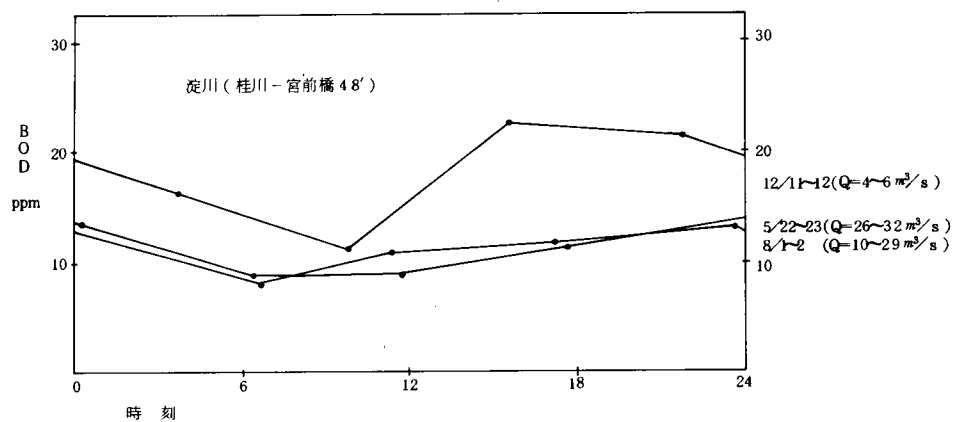
図Ⅲ-4-5 淀川(牧方大橋) 48' BOD
(調査時間帯 午前9時15分~午後2時10分)



図Ⅲ-4-6 淀川(桂川-宮前橋)48' BOD



図Ⅲ-4-7 水質の時間的变化



このように、水質測定の時期については、実態にみて、水質－流量の相関の事例が少ないこと、および水質測定が流量に関係なく行われ、むしろ洪水時を除き、そして恐らくは異常な渇水時を除いた状態で行なわれていることから、現行の通常の状態——低水量以上等で測定することとしているものは必ずしも適確ではなく、検討を要する。

代案としては、上記の実態を考慮して、「異常な洪水時および渇水時を除き、できるだけ水文条件の異なる状態で測定する」こととし、「その結果の75%非超過確率値」をもって代表値とするのが適当であろう。

ここで75%非超過確率値をとったのは、現行の低水流量以下の25%を棄却した取扱いを引続いたものである。

次に問題となるのが25%を棄却したことの是非である。

これを非とするのは、渇水時等での水質悪化に伴う利水上の支障、あるいは環境基準は望ましい環境レベルを示すが、それが常時満足されることがbetterであるとする考え方であろう。

これに対し是とするのは、一つには環境基準値そのものに安全性が見込まれていて、一時的に基準値を多少超えても直ちに利水目的に重大な支障をもたらすことはなく、また異常な渇水等により水質が悪化して、例えば環境基準値の2倍以上のような状態が、相当長期間継続するような場合には、緊急措置として排出水の制限等の措置命令をとることによって対処しうる（水質汚濁防止法第18条）ことによる。

実際渇水年の48年度には、岩木川、馬淵川、高瀬川（以上青森県）、阿武隈川（福島県、宮城県）で措置命令がとられた例がある。またある地点の水質の年間最大値は、年ごとに著しく変動し、経年的な考察をする上で適当でない。

また、測定時（採水時）の天候については、主要10河川についてみると、年間測定延回数339のうち、晴天64%、曇27%、雨天7%、不明2%となっていて、実態上降雨のない日に実施されている。

次に、日間の時間的な水質変化に着目すべきことを指摘したい。図Ⅲ－4－7は淀川（桂川、宮前橋）の水質の時間的な変化を示す。

現在年2回程度の通日調査を行うよう指導されていることは正しい。しかしその結果が十分に活かされているかどうかは疑わしい。通日調査の意義は、ある時刻の水質

値がその代表値（例えば平均値）に対しどのような関係をもつかを知り、通年調査における当日の代表値を得ることができるよう測定時刻を決定することにある。加えて日間最大値に問題があるとすれば、これに対する水質保全計画に配慮することであろう。これらに対しても一般に関心が低く、通日調査の実施と活用は十分でない。

(4) 測定回数の実態

昭和48年度の基準点ごとの年間測定回数は、表Ⅲ-4-5に示すように、年間1～5回（大部分は四季ごとの4回）が最も多く、全体の39%を占める。特に湖沼、海域ではこのグループが多い。次いで11～20回（大部分が月1回）、6～10回（大部分が2月に1回）であり、これらの3グループで全体の73%（河川については80%）を占めている。所定の毎月1日、1日4回の48回以上のものは全体の9%（河川については11%）に過ぎない。

表Ⅲ-4-5 基準点における年間水源測定回数（48年度）

区 分	基準点数	年 間 測 定 回 数 (回/年)					
		1～5	6～10	11～20	21～30	31～50	51～
(構成比:%) 河 川	(100) 3.813	(36) 1.358	(18) 677	(26) 999	(9) 360	(9) 356	(2) 63
(全 上) 湖 沼	(100) 227	(55) 125	(9) 21	(26) 59	(6) 13	(4) 8	(0) 1
(全 上) 海 域	(100) 1.603	(43) 693	(23) 363	(22) 354	(6) 93	(6) 96	(0) 4
(全 上) 計	(100) 5.643	(39) 2.176	(19) 1.061	(25) 1.412	(8) 466	(8) 460	(1) 68

また都道府県別にみると測定回数は、都道府県の広さ、または基準点数の多寡と分析能力、および水質汚濁の程度に関係があるような印象をうける。

例えば河川についてみると、12回/年以上が過半数を占める都府県は、北海道・

東北地区 1/7（7 県のうち 1 県、以下同じ）、関東 7/7、中部 7/9、近畿 3/7、中国 1/5、四国 2/4、九州 3/8、合計 24/47 で全都道府県の半数に過ぎない。このうち、基準点数が 100 以上のものについては 2/11 と少く、反面水質公害問題の多い東海道ベルト地帯は 9/10 で、残りの 1 県もほぼ半数に近い。また大都市圏以外でも測定回数の多い県は少くないが、これは行政庁の熱意と分析体制の充実によるものと考えられる。

また湖沼、海域は、河川に比して測定回数が少ないが、これは採水に多くの労力と経費を要するためであろう。

環境庁の「水質調査法」（4 6.9.3 0）において、月 1 回以上、各 1 日につき 4 回程度を原則とし、河川上流部、海域の沖合のような水質変動の少ない場合は測定回数を減じてよいとされている。実態的にみると水質汚濁防止上、あるいは利水上重要な地点については、原則どおりに実施されている場合が多いような印象をうけるが、反面全国的にみて 10 回／年以下が過半数（58%）を占めていることは、後述するように当該地点の水質値の精度が落ちるので不十分であり、監視測定体制の拡充が望まれる。

(5) 測定回数と精度

先に述べたように各都道府県あるいは水域ごとの水質測定回数にかなりの差があることを指摘した。ここでは測定回数とその測定値から求めた 75%非超過確率値および平均値の信頼度について考えてみたい。

信頼度を表わす方法として、ここでは次式によって、それぞれ 75%非超過確率値および算術平均値の変動巾によることとした。

$$\text{変動巾} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{\text{Avr}} \times 100\%$$

例えば年 4 回の測定値の変動巾は、年 365 個のデータにつき、90 日間隔で 4 つのデータを №1、№91、№181、№271 等として選び、90 個の 75%非超過確率値および平均値を求め、これを Avr とし、抽出値の Max、及び Min について上式の変動巾を算定した。

淀川柴島地点の過マンガン酸カリウム消費量の 48～50 年度資料によって算定し

た結果は図Ⅲ－４－８、図Ⅲ－４－９のようであり、次のように考察された。

- 1) 年間測定回数が少い程明らかに変動巾が増大する。
- 2) 週１回～月２回レベルでは変動巾は１０～２５％で比較的少ないが、月１回では
７５％非超過確率値で３０～６０％程度、平均値で２０～５０％となり、また年４
回ではそれぞれ５０～１４０％、４５～１４５％と変動巾が大きい。
- 3) ７５％非超過確率値の方が平均値より変動巾の年度差がやや少なく、４８年度は
渇水年、４９～５０年は比較的豊水年に当るが、７５％非超過確率値の方が流量の影
響を受けることが少ないように見える。
- 4) 各年度を比較する上でこの変動巾の少ないこととともに、その差の少ないことが
望ましく、この意味からも月２回以上の測定に基づく７５％非超過確率値をとる
ことが適当といえる。

以上のような考察から、先に述べた測定回数の実態を再考察すれば、月２回以上と
見なされる２１～３０回／年グループ以上のものは、全体の１７％、河川、湖沼、海
域についてはそれぞれ２０％、１０％、１２％に過ぎない。

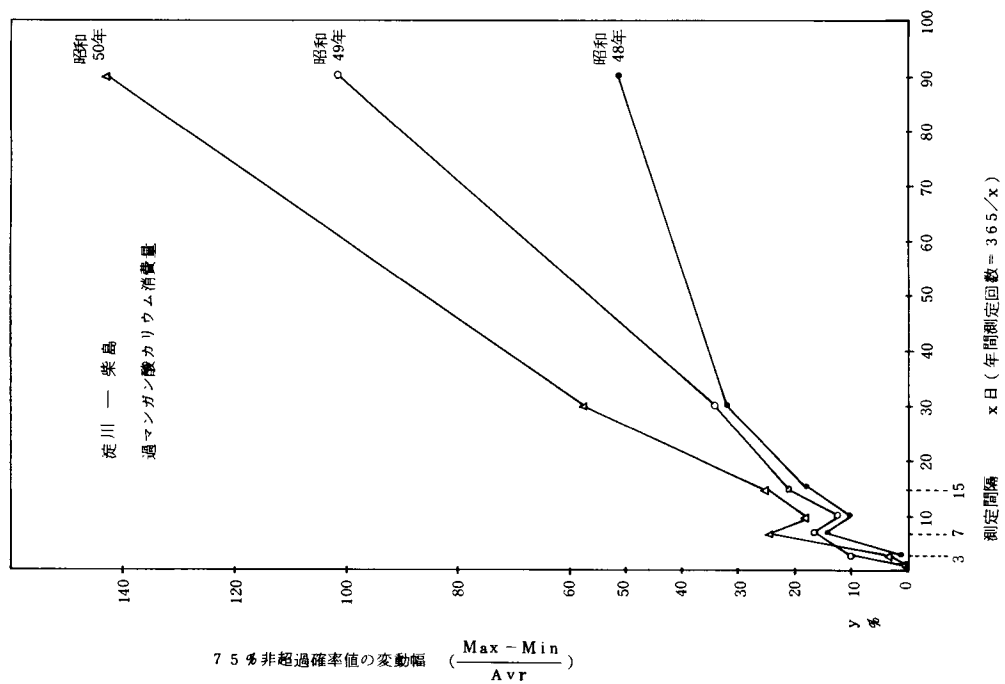
また所定の各月１日、１日４回の測定回数の原則についても再考し、例えば各月２
回以上に改め、かつ７５％非超過確率値をとることを明らかにすること等とすること
が適当と考える。

Ⅲ－４－４ む す び

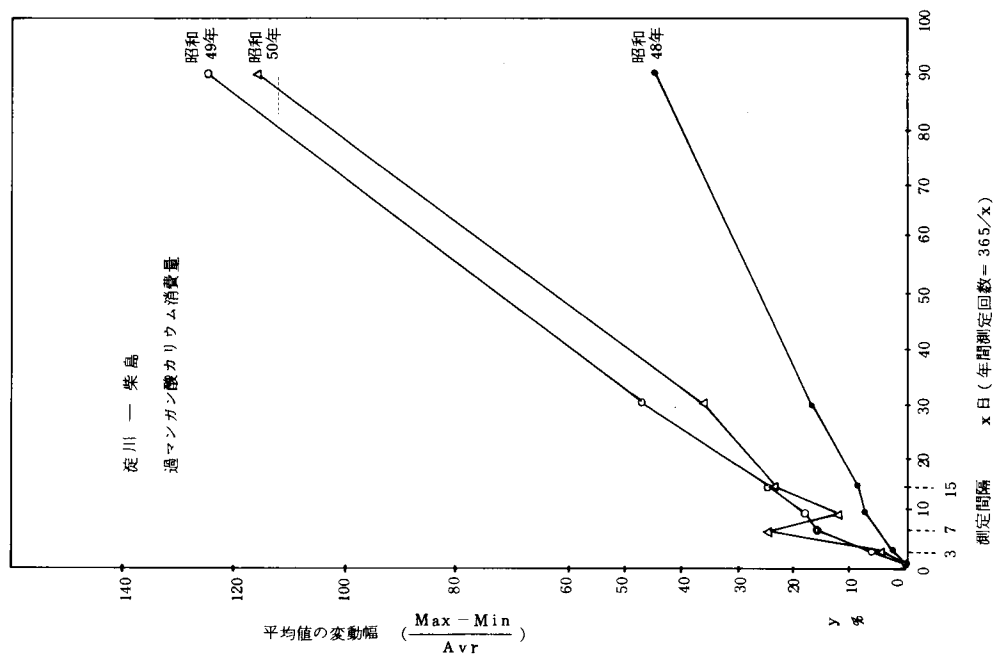
本節では、現行の環境基準の類型指定方式及び水質調査法、並びにこれらの運用の実
態について考察して、問題点を指摘し、若干の提言を行った。これらを列記すると以下の
ようである。

- (1) 現行の類型は、河川、湖沼、海域について夫々５項目をセットにして定められてい
るが、実際の水質については必ずしも項目間にバラレルの関係にない。例えば酸性河
川のpH、干満の著しい河川感潮部のSSにおいて著しい。結論としては現行方式の
メリットが大きいのでこれを支持し、適用し難い項目については例外的な取扱いがで
きるよう運用する必要があることを指摘した。
- (2) 類型の基準値が段階的に区分されているため、現在の水質を改善に努力しても、よ
り上位の類型に指定することが困難な場合には、下位の類型の水質値まで下げること

図Ⅲ-4-8 河川水質の測定回数と測定精度の関係(75%値)



図Ⅲ-4-9 河川水質の測定回数と測定精度の関係(平均値)



を許容すること、つまり汚濁のライセンスを与えることになる。これに対しては水域全体の環境基準とともに、水質保全上の目標水質として特定点に特定の水質値を定めて補完すること、つまり類型指定方式に基準点方式のメリットの導入を提言した。

- (3) 環境基準点の選定は、利水目的について配慮しつつ、環境基準の維持達成状況が把握できるような2～3地点とすることとし、細部の選定方法は示されていない。

基準点の選定は、その地点で測定された水質値に基づき、当該水域の水質の状況を表示し、そして環境基準の適否を判断し、かつ汚濁現象の解析と水質保全計画上の基礎資料となるものであるから、これらの目的に適合するよう選定すべきことを強調した。そのためには、上記の利水目的への配慮と達成状況の把握のため2～3地点を設定することに加えて、流入汚濁水等が河川水等と十分に混合したと考えられる地点、あるいはその水域の平均的な水質を表わす地点である（この点については水質調査法においてコメントされている。）ことのほか、実態的に配慮が不足していると考えられる隣接水域に対する配慮として、類型区分線上の地点、及び流量等の水文観測が行われている地点についても配慮すべきことを指摘した。

- (4) 水質の測定は、生活環境項目については水域の状況が通常の状態（河川にあっては低水量以上の流量がある場合等）において行うこととされている。これは測定された水質値が環境基準の適否の判断、水質保全上の目標水質等の基礎資料となること、あるいは変動のはげしい最大値等を棄却して水質の年度間あるいは水系間の比較を容易にすること、及び水質と流量が逆比例的な関係にあること等をその根拠としているものと考えられる。

しかし、水質測定の実態をみると、多くの場合、洪水時等の出水時や降雨時を除き、逆に低水量以下を含んだ任意の日の昼間に行われている。従って現行の通常の状態での測定に代えて、異常な洪水時及び渇水時を除き、できるだけ流量の異なる状態で測定し、その結果の75%非超過確率値をもって代表値とするような取扱いをするのが適当であることを指摘した。

ここで75%非超過確率値をとったのは現行の低水流量以下を棄却した考えを引継いだ。この是非は議論のあるところである。しかし上述のような最大値を含めることの欠点のほか、環境基準値そのものには利水目的に照して安全が見込まれており、

一時的にこれを超えても直ちにその目的に支障を生ずることは少く、また仮りに例えば濁水等によって環境基準値の2倍以上の状態が相当期間継続するような場合には、行政措置として排水制限等の措置命令が可能であること等から止むを得ない取扱いと考える。

また測定時刻にも関心を持つべきことを指摘した。現行の水質調査法において年2回程度の通日調査を行うこととしているが、実態上十分には行なわれていないし、また測定結果の活用も不十分な印象をうける。測定された水質値の意義に照して、とくに日間の水質変動のはげしい河川等においては、日間の水質測定の頻度を高めるよりも、日間変動のパターンから測定時刻を選定するほうが効率的であろう。

- (5) 測定回数の実態は、水質調査法で定められた毎月1回以上、各1日につき4回程度以上の回数を行っているものは、全基準点の9%に過ぎず、年4回が全体の39%を占められている。この比率を高めるためには、人的、物的に測定体制の拡充を図らなければならないが、人的、財政的に大変なことであり、特に海域、湖沼については困難である。このような実態から測定回数と精度について解析し、測定回数はどの程度まで減少できるかについて考察した。

一つの方法として年間365のデータを等間隔に抽出して、75%非超過確率値及び平均値を求め、その変動巾を次式によって求めた。

$$\text{変動巾} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{\text{Avr}} \times 100\%$$

淀川柴島地点の過マンガン酸カリウム消費量についてみると、①年間測定回数が少い程、明らかに変動巾は増大する。②月2回以上の変動巾は10～25%と少ないが、月1回では30～60%、年4回では50～140%と変動する。③月2回以上では平均値より75%非超過確率値の方が流量変動の影響を受けることが少いような印象をうける。

これらの考察から、測定回数は月2回以上とし、その測定結果に基づく、75%非超過確率値をとることが適当であることを指摘した。

第5節 第Ⅲ章のまとめ

第Ⅲ章においては、水道水とその原水について、水質の表示及び各種の基準（又はクライテリア）について、わが国の水道創設期からの変遷及び現況について述べ、諸外国の各種基準と比較して考察して若干の提言を行うと共に、現行のわが国の水質環境基準とその運用上の問題点を指摘し、若干の提言を行った。

先づ第一節では、わが国の水道創設期から現在に至る水質指標（検査方法を含む）の変遷についてとりまとめた。わが国における水質分析の創始は、明治7年東京司薬場、明治8年英人 R・W・A tkinson が神田上水等の分析を行ったことと記録されており、当時の分析項目は塩素、アンモニア等の窒素成分など、し尿汚染に着目したものである。

第2期は明治37年「上水試験統一のための協議会」の制定した「協定試験法」で、pH、有機物の定量、鉛、細菌集落数を含む16項目が定められた。その後、大正15年には鉄、昭和11年には銅、遠藤赤痢菌、大腸菌などが追加されている。

第3期は昭和25年で米国標準試験法との整合が図られ大巾に改正され、水質項目もシアン、水銀、フッ素、ヒ素、六価クロム、亜鉛、マンガン、フェノール等が従前の項目に追加されている。その後33年には有機リン等、41年には陰イオン^性活性剤、49年にはカドミウム（暫定）がそれぞれ追加された。

飲料水の水質表示は、環境汚染との関係から初期の細菌汚染から最近の化学汚染へと項目の拡大を続け、又、分析技術の進歩によりその内容及び基準値も変わってきている。本節ではその間の事情をとりまとめ概説した。

第2節においては、飲料水の水質基準は、Standards(規制力をもつ、いわゆる基準)とCriteriaに区分すべきことを強調しつつ、そのあり方について考察した。わが国の飲料水基準は法的には罰則を伴わない推奨基準の性格を有するが、一般の受けとめ方は基準不適合が直ちに飲料不適と解されがちであることを考慮して、StandardsとCriteriaに区分すべきことを強調した。またStandards—基準化に当っては、水道事業者等には定期及び臨時の水質検査の実施が義務づけられ、かつ必要に応じて給水停止等の措置を講ずべきことが要請されていることから、(1)人の健康及び生活利用上、適当かどうか。(利用上の安全性、適合性)、(2)全国的な検査の義務づけに適当な項目かどうか。(項目選定上の妥当性)、(3)水道事業者等の実施する検査として適当な検査方法かどうか。(検査方法

の妥当性)等について検討すべきことを明らかにした。またCriteriaについては、基準化されない項目について毒性、分析方法等に関する科学的データを集積して生活用水としての適否の判断根拠を準備し、個々のケース毎に対応し得るようにすべきで、そのための調査研究を拡充すべきことを強調した。また水質基準に適合しない場合において給水停止をすべきかどうかの一つの判断基準を示した。例えば急性毒性にかかる項目と慢性毒性にかかる項目との取扱い上の区分等である。

第3節においては、最近における水質汚濁の進行に対応して、水道原水として利用可能な、あるいは望ましい水質レベルについて考察した。わが国の場合、生活環境審議会の答申がある(4.5.4)。これはわが国の水道水源の水質と浄水技術の実態を基として3類型に区分して、飲料水基準項目+ α について定められている。その結果の主要な項目については現行の「水質汚濁に係る環境基準」(4.6.1.2)に採択されている。諸外国でも水道原水水質のCriteriaを発表している。わが国のそれと比較して特徴的にみれば、一つにはソ連邦がBOD等の一般項目10項目のほか、420項目の有害物質について要望値としての許容濃度を示しており、その他ブルガリヤ(58項目)等多項目にわたって定められていることである。行政の実態からみればこれ程多数の項目を常時測定、監視することは不可能であろうが、ある特殊な物質による汚染の疑いがある場合において、その物質の存否と存在する場合の判断基準となり、未然に所要の措置をとることが可能であるから、わが国においても先に飲料水基準でも述べたと同様に基準項目以外のCriteriaをの充実すべきことを強調した。次に水質指標については、わが国において当面有機物質特に溶解成分、アンモニア性窒素等の窒素化合物に着目すべきことを強調した。すなわちわが国の場合既に有機汚染がかなり進行し、その改善が当面期待し難いものがあり、一方水資源の質的な選択の自由度が小さくなっている事情がみとめられることから、高汚濁水の利用が増大することが予想される。このような動向に対しわが国の浄水法は急速ろ過法を中心とし、一部に主として脱臭を目的とした活性炭注入又はろ過が行われている状況にあるが、現在及び将来下水処理が整備されても、従来その一部は系外(土壌、海洋等)に搬出されていたし尿及び雑排水に基因するこれらの物質も系内に排出されるような事情もあり、今後ともその改善は困難である。これらの汚濁物質への対応はCosts - Benefitsⁿの問題として別途に総合的な水質管理の課題として研究されるべきであろうが、ここでは水道サ

イドとして対応すべき方向性について指摘し、当面とくに窒素化合物は水質衛生上及び浄水操作上問題が多いので、高濃度原水の浄水処理法について研究を進め、その標準化のための準備を進めるべきことを強調し、又有機物質の溶解成分はそのすべてを同定することは不可能であり、したがって未確認物質に対する不安が払拭できないことを考慮して、CCE等の総合指標を行政上確定するとともに、その除去のための調査研究を進めてその標準化を図るべきことを強調した。とくに後者の浄水法として当面、例えばあるレベル以上の汚濁水については汚^汚性炭処理を義務づける等により、未確認有機物質にかかる不安を未然に防止するような措置を検討すべきことを提言した。

第4節では、わが国における現行の環境基準の類型指定方式について、筆者の行政運用上の経験に照して若干の問題点を指摘し、又運用上の留意事項につき提言した。類型指定方式については、実態的に同一類型の水質項目間に必ずしも均衡がとれていないこと（跛行性）及び類型間の水質値のへだたりが汚濁のライセンスを与えることになる危険があることを指摘し、その運用法あるいは留意事項について述べた。また環境基準の適否の判断にかかる水質調査法とその評価法について考察し、環境基準点の選定法、水質測定の時期、測定回数及び測定結果の処理法について運用上の留意点を指摘した。特に測定回数とその信頼度について考察した。信頼度を表わす方法として、年間測定値について測定回数に応じて均等間隔抽出した測定値につき、Max・Min・及びAvr.（75%非超過確率値及び算術平均値）から次式によった。

$$\text{変動巾} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{\text{Avr}} \times 100\%$$

その結果、(1)測定回数が少い程明らかに変動巾が増大する。(2)1回/週～1回/2週では変動巾は10～25%程度であるが、1回/月では年度により20～60%に増大し4回/年では45～145%に増大する。(3)変動巾は75%非超過確率値の方が平均値より変動巾の年度間較差が少いようであり、又75%非超過確率値の方が流量の影響を受けることが少ないような印象をうける等が考察された。これらの結果から少くとも測定回数を1回/2週以上とすることを主張した。

第Ⅳ章 上水道の水質管理体制の現状と将来の方向に関する考察

清浄な水を供給することは水道に課せられた使命であり、水質管理はこの使命を果たす上で重要な役割を演じている。

水質管理には、河川、湖沼、地下水等原水の水質管理と浄水過程の水質管理及び送水、配水、給水過程の水質管理がある。

水道原水は表流水と地下水に大別されるが、一般に地下水は水質の変動が少ないので原水の水質管理は主として表流水にかかる問題と考えてよい。わが国の水道水の需要はこの10数年急激な増加をみ、それに伴って原水量も大巾に増加してきた。とくに河川水等の表流水の増加が著しい。

表流水を原水とする場合は、水文、気象条件、上流での各種排水の排出状況、河川工事等により原水の水質が時間的、季節的に変動するから、浄水操作に必要な水質項目を適時測定し、薬品注入量の調整、その他の所要の浄水操作を行う必要がある。更に、浄水場の立地条件により原水に混入する有害な物質についても常時監視あるいは測定を行い、人の健康に障害を及ぼす恐れがあれば取水停止等の措置を講じ、又、不快な異臭味をつける物質の混入があれば所要の浄水操作を加え、あるいは必要に応じて取水制限等の措置が必要であろう。また、水質変動に関する資料や汚染物質の拡散流達時間の資料を整理記録することにより、その水源特有の性質を把握し、将来の水質予測と浄水操作の対応を明らかにすることが可能になる。

浄水過程における水質管理は、原水の水質に対応して如何にして効率的に水質基準に適應した水道水を製造するかという点にあり、また、この過程での水質管理では赤水対策等給水過程における水質変化についても配慮しなければならない。

送水、配水、給水過程における水質管理は、浄水処理された水が常に水質基準に適合して供給されているかを把握することである。浄水処理が終了した時点において水質基準に適合した水であっても送水、配^水、給水の段階においてクロスコネクション等による水質汚染、水道管の材質からの重金属等の溶解又は析出により給水栓における水道水が水質基準に適合しなくなることもありうることである。

水道法における第4条の水質基準は浄水——正確には給水栓水の基準であり、第20条の水質検査も浄水について規定されたものであり、浄水を生みだす以前の原水については規定されていない。しかしながら、水道全体をとらえた時、最終目標である浄水の水質を水質基準に適合させるためには、原水から給水に至るまでの一貫した水質管理が必要である。

この章では、厚生省が実施した「水道における水質汚濁対策調査」により原水水質の監視測定の現状を、又、「水道水質検査実施状況等調査」により水質検査体制の整備の現状をとりまとめ解析し、考察した。

また維持管理の重要性に対応し、水道の水質検査については、昭和52年6月に施行された改正水道法において、水道事業者は水質検査を行うため必要な検査施設を設けなければならないとされたこと、また、昭和53年度の予算に厚生省が要求していた水質検査施設整備費に対する国庫補助制度に大蔵省の内示が行われたこともあるので、上記の調査による現状及び問題点の指摘をもとに将来の水質管理の方向の一つとして水質管理センターの試案をまとめてみた。

第1節 原水水質の監視・測定の現状

原水水質の監視、測定は、前述のとおり、その異常等の状況を早期かつ適確に把握して所要の対応をすると共に、適正かつ合理的な浄水操作を行うための基礎データを得ることにある。又、長期的な水質の動向を知る上でも重要である。

このような目的を持っている原水水質の監視にかかる水質自動測定装置、共同監視組織、生物による監視、水質検査の実施状況について、昭和51年度の「水道における水質汚濁対策調査」に基づいて、表流水を一部でも原水としている浄水場についてとりまとめ考察した。なお、この調査の対象は、施設能力が10,000 m^3 /日以上で、沈澱池又は戸過池を有する浄水場である。

IV-1-1 原水の水質自動測定装置

表IV-1-1は、上記に該当する362の浄水場における水質自動測定装置の有無を示したものである。浄水場の規模が大きくなるに従い、自動測定装置を有する浄水場の比率が高くなっている。これは、大規模な浄水場になる程、汚濁の進んだ河川を水源とし、原水

水質の時間的変動が大きいこと等から、水質の連続測定の高必要性のほか、浄水操作が複雑になり維持管理に多くの人手、時間が必要となるので、これに対する省力化の一環によるものであろう。

表Ⅳ－１－２は表Ⅳ－１－１の水質項目別の内訳を示す。整備率は、規模別の自動測定装置を有する浄水場数に対する各項目の比率である。なお、測定項目中その他とあるのは、アンモニア性窒素、フェノール類、COD、酸化還元電位、六価クロム、マンガン等の10項目である。

これによると、規模が大きくなるに従い、一浄水場当りの平均項目数は多くなっている。又、項目別に見ると、濁度、pHが多く、水温、アルカリ度、伝導度がこれに次ぎ、浄水操作上、最少限必要な項目と自動測定が容易な項目が採用されているものであろう。

なお、シアンについては、全国で19浄水場において設置されているが、汚染事故の頻度が高く、又、住民の理解が得やすいことから採用されたものであろう。

上記以外の測定項目については、個々の浄水場の立地条件により、海水の混入、又は、塩水化が予想されるか、被害を受けた事がある場合は、塩素イオンを、上流部に工場が多いか、そこからの排水による被害を受けた事がある場合は、フェノール類、シアン等の測定を行なっている例が多い。

規模の小さい浄水場では、アルカリ度の測定数が比較的少ない点から推測して、水質の時間的変動も少なく、従って、薬品注入量の時間的調整も必要としないことによるものであろうか。反面、シアン等その他の項目についても行なわれているところがあることは、小規模浄水場といえども、そのような危険にさらされていることを物語っているといえる。

Ⅳ－１－２ 共同監視組織

個々の事業体又は浄水場が行なっている原水の監視、測定に加えて、早期に水質の異常を知り、所要の対応をするため、同一の水系から取水している浄水場が共同でその水系を監視し、相互に水質の情報を交換する目的で、多くの水系において水質監視及び緊急時の連絡通報体制の組織化が図られている。

表Ⅳ－１－３は、共同監視組織に属する浄水場を実績浄水量別、及び地区別に集計整理したものである。全国的にみると、調査した362浄水場のうち、37%に当たる134浄水場がなんらかの組織に属している。又、地区別には、関東Ⅰ地区で94%、関東Ⅱ地区で

62%、近畿地区で50%と高い比率を示している。これらの地区は、人口、産業の集中地域であり、又、長大な河川や大きな湖沼を有する地域であり、水質の変化による影響と汚染による被害を受けた事業体数が多いため、このような措置の必要性が高いことによるものであろう。

IV-1-3 生物による原水監視

常時、水質を監視する方法として自動測定装置があるが、測定可能な項目には限界がある。これを補完する目的でシアン化合物、農薬等、生物が敏感に反応する有害物質をマクロ的に監視するため、一般的にはウグイ、フナ等の魚類を用いた生物監視が行われている。

表IV-1-4からは、全国で62%の浄水場に設置されており、関東Ⅱ地区における32%を除くと、他の地区では、関東Ⅰ地区の94%を最高に、50%以上の浄水場に設置されている。これは、有害物質による汚染の危険性を感じている浄水場が多いことのほか、住民の水質に対する理解が得やすいこと、又、設置費が安いこと、維持管理が容易なこと、その整備率が高い理由であらう。

IV-1-4 原水の水質検査の実施状況

表IV-1-5は、測定を行なう間隔を浄水場の規模別に集計整理したものである。なお、集計に際して、濁度、pH等を1項目でも測定している浄水場も、20～30項目について測定している浄水場も同一に集計している。表中、通日検査とは、24時間以上にわたり一定の時間間隔で測定を行なう検査を云い、その他の検査は、他の区分に分けられない研究のための検査、委託を受けた検査等が含まれている。

毎日行なう検査は、浄水操作上必要なものであり、原則的には、100%であるべきであるが、10万 m^3 /日以下の浄水場での実施率は、80～86%となっている。これは、原水水質が比較的清浄で、変化も少ないため、週1回程度の水質検査で足りることによるものと考えられる。

又、月1回の検査については、浄水の月1回の検査が義務づけられていることに準じて、原水についても実施していることがうかがえる。

浄水場の規模が大きくなる程、毎日と月1回行なう検査が良く行われているが、これは規模が大きくなるに従い、水源の選択性が限定されることもあって、水質変動の大きな原水や汚染の進んだ原水を用いざるを得ない事情から、測定頻度を高めるため、検査体制を

充実する必要があることと、人的、物的に、あるいは技術的、経済的に実施できることによるものであろう。

表Ⅳ－１－１ 水質自動測定装置の整備状況

施設能力 装置の有無	1万t/日 $\leq Q_1 < 5$ 万t/日	5万t/日 $\leq Q_1 < 10$ 万t/日	10万t/日 $\leq Q_1 < 50$ 万t/日	$Q_1 \geq 50$ 万t/日	計
有	97	42	53	13	205
無	117	23	16	1	157
浄水場数	214	65	69	14	362
整備率%	45	65	77	93	57

注) 施設能力10,000m³/日以上の浄水場に関する調査である。 Q_1 は施設能力を示す。

表Ⅳ－１－２ 水質自動測定項目別の整備状況

施設能力 整備状況 測定項目	1万t/日 $\leq Q_1 < 5$ 万t/日		5万t/日 $\leq Q_1 < 10$ 万t/日		10万t/日 $\leq Q_1 < 50$ 万t/日		$Q_1 \geq 50$ 万t/日		計	
	個所	整備率	個所	整備率	個所	整備率	個所	整備率	個所	整備率
濁度	91	94%	39	93%	51	96%	13	100%	194	95%
PH	86	89	33	79	47	89	12	92	178	87
水温	33	34	9	21	29	55	7	54	78	38
アルカリ度	20	21	12	29	21	40	9	69	62	30
伝導度	14	14	11	26	24	45	9	69	58	28
シアン	4	4	6	14	8	15	1	8	19	9
溶存酸素	5	5	2	5	7	13	2	15	16	8
塩素イオン	4	4	2	5	0	—	0	—	6	3
その他	15	15	10	24	14	26	3	23	42	20
延項目数	272		124		201		56		653	
浄水場数	97		42		53		13		205	
1浄水場当り 平均項目数	2.8		3.0		3.8		4.3		3.2	

注) 整備率は自動測定装置を有する浄水場数に対する比率である。

表Ⅳ-1-3 共同監視組織に属する浄水場

地 区 名	浄水場数	$Q_2 < 1 \text{ 万 t/日}$	$1 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 5 \text{ 万 t/日}$	$5 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 10 \text{ 万 t/日}$	$10 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 50 \text{ 万 t/日}$	$50 \text{ 万 t/日} \leq Q_2$	計	属する率 %
北海道・東北	88	6	22	5	3	0	36	41
関東Ⅰ	33	2	5	3	15	6	31	94
関東Ⅱ	34	2	15	4	0	0	21	62
北 陸	7	0	0	0	0	0	0	0
東 海	35	0	3	2	3	1	9	26
近 畿	60	0	11	6	9	4	30	50
中国・四国	56	3	5	1	2	0	11	20
九州・沖縄	49	0	3	1	1	0	5	8
計	362	12	58	20	33	11	134	37
浄水場数	—	50	201	51	49	11	362	—

注) 1. 浄水場の規模は実績浄水量(Q_2)によった。
 2. 関東Ⅰ地区は埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県
 3. 関東Ⅱ地区は茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県

表Ⅳ-1-4 生物による原水監視の整備状況

地 区 名	浄水場数	$Q_2 < 1 \text{ 万 t/日}$	$1 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 5 \text{ 万 t/日}$	$5 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 10 \text{ 万 t/日}$	$10 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 50 \text{ 万 t/日}$	$50 \text{ 万 t/日} \leq Q_2$	計	整備率 %
北海道・東北	88	6	33	8	5	0	52	59
関東Ⅰ	33	2	5	3	15	6	31	94
関東Ⅱ	34	1	9	1	0	0	11	32
北 陸	7	0	2	2	2	0	6	86
東 海	35	2	17	6	4	1	30	86
近 畿	60	1	15	12	6	4	38	64
中国・四国	56	11	12	2	5	0	30	54
九州・沖縄	49	3	15	4	4	0	26	53
計	362	26	108	38	41	11	224	62
浄水場数	—	50	201	51	49	11	362	—

注) 浄水場の規模は実績浄水量によった。

表Ⅳ-1-5 原水の水質検査の実施状況

実績浄水量 測定間隔	$Q_2 < 1 \text{ 万 t/日}$		$1 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 5 \text{ 万 t/日}$		$5 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 10 \text{ 万 t/日}$		$10 \text{ 万 t/日} \leq Q_2 < 50 \text{ 万 t/日}$		$50 \text{ 万 t/日} \leq Q_2$		計	全浄水場 の実施率 %
	個 所	実施率 %	個 所	実施率 %	個 所	実施率 %	個 所	実施率 %	個 所	実施率 %		
毎日行なう検査	40	80	176	86	43	84	49	100	11	100	319	88
1回/週 "	10	20	66	33	29	57	35	71	6	55	146	40
1回/月 "	42	84	174	86	46	90	46	94	11	100	319	88
数回/年 "	22	44	97	48	25	49	32	65	8	73	184	51
1回/年 "	26	52	98	48	18	35	12	24	2	18	156	43
通日検査	7	14	33	16	15	29	20	41	3	27	78	20
その他の "	7	14	45	22	15	19	17	35	2	18	86	24
浄水場数	50		201		51		49		11		362	—

第2節 水質検査体制の整備状況

Ⅳ－2－1 実施すべき水質検査の内容

水道法では第20条で水道事業者による定期及び臨時の水質検査と、そのための水質検査施設の設置が義務付けられており、さらに施行規則第14条では、検査の項目と頻度等が定められている。また、水道環境部長通知「水道法の施行について」（49.7.26環水第18号）により、採水場所選定上の細則等と水道水源の汚染防止のために必要な措置等が定められている。これらを総合すると、原水および給水栓水の定期的管理のために実施すべき水質検査の内容は、表Ⅳ－2－1のようになる。

Ⅳ－2－2 水質検査体制の現状

水道法第20条において、水道事業者は定期および臨時の水質検査を行うために必要な検査施設を設けなければならない（ただし、当該水質検査を地方公共団体の機関又は厚生大臣の指定する者に委託して行うときは、この限りでない。）ことが定められている。この規定は昭和52年6月23日に公布・施行された改正後の水道法に新たに規定されたものである。それまでは、水質の検査機関については、水道法上の規定はなく、厚生事務次

表Ⅳ－2－1 実施すべき水質検査の内容

	原 水 水 質 検 査	給 水 栓 水 水 質 検 査		
項 目	全項目検査 必要に応じ、BOD、SS、侵食性遊離炭酸も加える＊)	全項目検査＊)	省略可能項目（法4条1項2号、法4条1項3号）以外の全項目検査	色、濁り、残留塩素
採 水 場 所	全ての水源 ＊)	給水栓 ＊)	施設の構造配管の状態を考慮して最も効果的な場所	同左及び、配水管の末端等水が停滞しやすい場所も含めて選定 ＊)
頻 度	年1回以上（水質が最も悪化していると考えられる時期を含めること）＊)	年1回以上 ＊)	月1回	毎日
備 考	イ、検査の結果法4条1項2号及び3号に掲げる基準（鉄、マンガン、硬度を除く）に適合しないときは、事後少なくとも毎月1回当該水源の原水について相当期間、当該水質項目に関する検査を実施 ＊) ロ、不適合項目がないときでも水質が継続的に悪化していると考えられる時、イに準じて検査を実施 ＊)		省略可能項目については、原水及び浄水の全項目検査の結果、明らかに必要がないと認められる項目に限る。＊)	

注）表中 ＊）印の欄は、水道環境部長通知、その他は、施行規則第14条による。

法4条1項2号とは、シアンイオン、水銀、有機磷

法4条1項3号とは、銅、鉄、マンガン、亜鉛、鉛、六価クロム、砒素、弗素、硬度、蒸発残留物、フェノール類、陰イオン活性剤

官通達「水道法の施行について」（32.12.27 発衛520）により、「水質検査の実施は、自己機関において行わない場合は、なるべく保健所、地方衛生研究所等の公的機関に委託して行う」ように指導してきた。

厚生省では、水質検査体制の現状を把握するため、昭和52年度に「水道水質検査実施状況等調査」を実施した。調査対象は全国の市町村、都道府県営、企業団営の水道事業及び水道用水供給事業で、調査対象年は原則として昭和51年度である。水質検査の内容区分は表Ⅳ-2-2に示すA、B、C、Dレベルとした。なお、記入にあたっては、各区分のうち1項目でもその区分の項目の検査を実施していればその区分に該当するとした。

この調査の結果を図Ⅳ-2-1、図Ⅳ-2-2、表Ⅳ-2-3～表Ⅳ-2-8にまとめた。

1) 水質検査能力

(1) 毎日検査レベル

水道法施行規則で定められている毎日の検査項目を当該市町村の水道部局で独自に行うための体制を、Aレベルについてのデータから現在給水人口の規模別に見ると、表Ⅳ-2

表Ⅳ-2-2 「水道水質検査実施状況等調査」における
検査内容の区分

区 分	項 目	備 考
Aレベル	pH、色度、濁度、残留塩素程度	毎日検査レベル
Bレベル	Aレベルの項目＋アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、塩素イオン、過マンガン酸カリウム消費量程度。鉄、マンガンのみの測定を含む	毎月検査レベル
Cレベル	一般細菌、大腸菌群その他の生物試験	生物検査レベル
Dレベル	Aレベルの項目＋Bレベルの項目＋シアン、水銀、有機磷、銅、鉄、マンガン、亜鉛、六価クロム、砒素、弗素、硬度、蒸発残留物、フェノール類、陰イオン活性剤他	水道法第4条1項2号3号に掲げる要件に該当する項目の検査のレベル

－3のようになっており、現在給水人口10万人以上の規模では、ほぼ独自に検査を行える体制にあるが、5～10万人の規模で14%、1～5万人の規模の28%、1万人未満の規模の41%が委託検査に頼らざるを得ない現状にある。また、全国の水道のうち67%が毎日検査レベルの自己検査設備を持っていることがわかる。

(2) 毎月検査レベル

水道法施行規則で定められている月1回の省略項目以外の全項目検査を当該市町村の水道部局で独自に行うための体制を、Bレベル（およびDレベル）についてのデータから現在給水人口の規模別に見ると、表Ⅳ－2－4のようになっており、現在給水人口10万人以上の規模では、ほぼ独自に検査できるが、5～10万人規模では55%に減り、1～5万人の規模のところでは82%、1万人未満では96%が委託検査に頼らざるを得ないことがわかる。また、全国では、Bレベルの自己検査設備を持っているのは、全水道事業の15%にすぎない。

(3) 生物検査レベル

生物検査項目を当該市町村の水道部局で独自に行うための体制をCレベルについてのデータから現在給水人口の規模別に見ると、表Ⅳ－2－5のようになっており、現在給水人口25万人以上の規模でDレベルの検査体制を持っているものについては、全て体制が整っている。しかし、5万人以下では整備率は5%以下に低下し、Dレベルの検査体制を保有するところでも、その半数程度しか生物検査設備を持っていない。また、全国の水道の8%が生物検査レベルの設備を持っている。

(4) 全項目検査レベル

Dレベルの検査設備の整備が行われているものを現在給水人口の規模別に見ると、表Ⅳ－2－6のようになっており、25万人以上の規模では90%以上であるが、10～25万人の規模では76%、5～10万人の規模では42%に下がり、1～5万人の規模では9.1%、1万人未満になると皆無であり、特に現在給水人口5万人以下の規模における整備率の低さが目立っている。

Dレベルの自己検査設備があっても、委託で行っているものと、自己検査・委託検査を併用しているものがある。表Ⅳ－2－6でわかるように、Dレベル設備使用率は、全国平均で58.9%、規模別に見ると、現在給水人口10万人以上の規模では全部、5～10

表Ⅳ-2-3 Aレベル（毎日検査）の自己検査体制

	100万～	50～100万	25～50万	10～25万	5～10万	1～5万	1万未満	計
① 調査総数	11	8	35	96	148	932	1745	2975
② Aレベルの検査設備保有数	11	8	34	92	127	673	1035	1980
②/① (%)	100	100	97	96	86	72	59	67

表Ⅳ-2-4 Bレベル（毎月検査）の自己検査体制

	100万～	50～100万	25～50万	10～25万	5～10万	1～5万	1万未満	計
① 調査総数	11	8	35	96	148	932	1745	2975
③ Bレベルの検査設備保有数	11	8	33	80	82	169	76	459
③/① (%)	100	100	94	83	55	18	4	15

表Ⅳ-2-5 Cレベル（生物検査）の自己検査体制

	100万～	50～100万	25～50万	10～25万	5～10万	1～5万	1万未満	計
① 調査総数	11	8	35	96	148	932	1745	2975
④ Cレベルの検査設備保有数	11	8	32	62	53	49	10	225
⑤ Dレベルの "	11	8	32	73	62	85	21	292
④/① (%)	100	100	91	65	36	5	1	8
④/⑤ (%)	100	100	100	85	85	58	48	77

表Ⅳ-2-6 Dレベル検査の自己検査体制

	100万～	50～100万	25～50万	10～25万	5～10万	1～5万	1万未満	計
① 調査総数	11	8	35	96	148	932	1745	2975
⑤ Dレベルの検査設備保有数	11	8	32	73	62	85	21	292
⑥ Dレベル検査の自己実施数	11	8	32	73	39	9	0	172
⑤/① (Dレベル設備保有率) (%)	100	100	91	76	42	9.1	0.0	9.8
⑥/⑤ (Dレベル設備使用率) (%)	100	100	100	100	63	11	0.0	58.9

注 ⑤の保有数と⑥の自己実施数の差は、⑤にはDレベルの項目でも検査可能なものが含まれているのに対し、⑥は実際におおむねDレベルの検査が行なわれているものであることによる。

万人で63%、1～5万人で11%が自己検査のみでまかなっている。

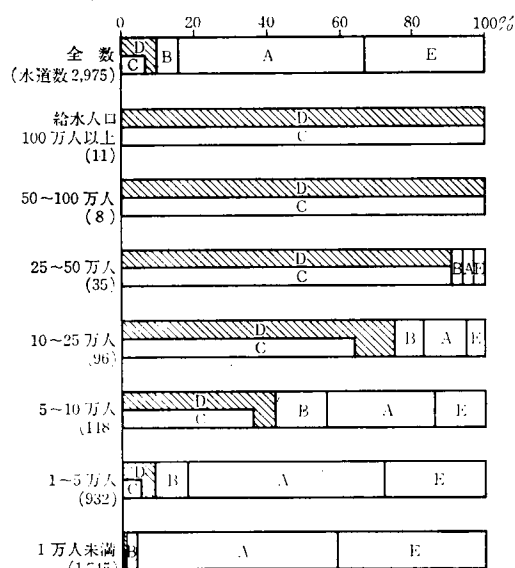
すなわち、水道の規模が小さくなるにつれてDレベルの設備の保有率が小さくなるとともに、設備を持っていたとしても、他の機関に検査を委託しているところがあることがわかる。

以上のA、B、C、Dレベルについて水質検査能力の規模別構成比を表わしたのが図Ⅳ-2-1である。これによると、全国の水道で、全く水質検査設備を持たない水道が33.4%、Aレベルしかない水道が51.1%、Bレベルの設備を持つ水道が5.6%、Dレベルの設

備の水道は9.8%である。また、Cレベル即ち生物検査設備を持つ水道は8%である。

また、図Ⅳ-2-2には水質検査能力の地方別整備状況をあげた。これによると、Dレベルの検査設備の保有率の高いのは近畿地方で約20%であり、ついで関東(I)、北海道と続いている。反対に保有率の低いのは、四国、九州、関東(II)である。

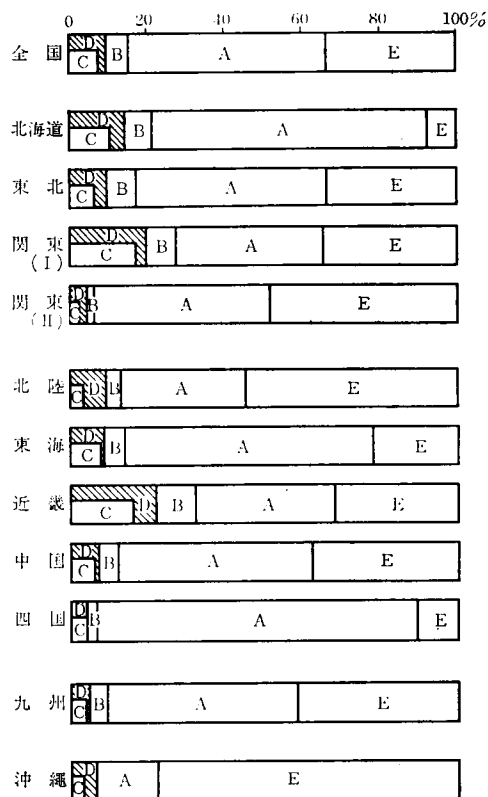
図Ⅳ-2-1 水質検査能力の規模別構成比



(注) A, B, C, Dの区分はすなわち

- E: 水質検査設備を持たないもの
- A: Aレベルの検査設備を持っているもの
- B: Bレベルの "
- C: Cレベルの "
- D: Dレベルの "

図Ⅳ-2-2 水質検査能力の地方別構成比



(注)

関東(I): 埼玉、千葉、東京、神奈川
 関東(II): 茨城、栃木、群馬、山梨、長野をいう。

2) 水質検査職員

調査対象の平均水質従事職員数は、表Ⅳ-2-7のようになっており、現在給水人口100万人以上の規模では33人であるが、人口規模の減少とともに減少し、1~5万人の規模では0.9人、1万人未満では0.25人と、規模の小さいところでは専任職員の少ない実態がわかる。

平均水質従事職員数は、地方別・規模別に見ると地方により若干の差はあるが、いずれも人口規模とともに減少している。

3) 委託検査機関

表Ⅳ－２－８は、委託を行っているものの委託機関の利用の割合を示している。ここで、公共機関とは、保健所・衛研等、民間機関とは、各種の法人および民間会社を示している。全国的にみると、委託のうち58.0%は公共機関、22.5%が民間機関、16.8%が両者の併用を行っている。地方別にみると関東(Ⅱ)地方、東海地方、中国地方および沖縄地方の民間機関依存率が高い。

4) 共同水質検査機関

現在、水道の水質検査を市町村の共同事業として組織化して行っている例としては、奈良県の「王寺周辺広域衛生センター」があげられる。これは、奈良県王寺町等7か町村(行政区域内人口合計74.4千人)の一部事務組合として昭和47年6月に設立されたもので、主な業務として、水道の水質検査の他、工場排水の検査、環境基準のモニタリング等を行っている。組織は、各町からの出向者(6名)で構成され、経費は、分析料としての収入の他は、各町村が人口比率に従って支出している。

この他、地域内の中核都市の水道事業が周辺市町村の水道の水質分析の一部を引き受けている例はかなりある。

表Ⅳ－２－７ 平均水質職員数(人)

1水道あたり

現在 給水人口（人）	100万～	50～100万～	25～50万	10～25万	5～10万	1～5万	1万未満	計
北海道	8	—	5.5	4	1.4	0.5	0.04	0.4
関北	—	11	6.7	6.5	1.7	0.7	0.08	0.5
関東（Ⅰ）	47	6	4.5	1.9	1.0	0.9	0.26	2.2
関東（Ⅱ）	—	—	2	2.8	1.9	0.6	0.12	0.4
北陸	—	—	22	1.7	1	0.5	0.09	0.8
東海	24	—	3.5	3	3.1	1.1	0.22	1.1
近畿	26	9	5.3	2.9	2.1	1.1	0.68	1.6
中国	—	16.5	10.7	4	2.1	1.5	0.45	1.0
四国	—	—	6	7.3	1.8	0.9	0.43	0.8
九州	28	26	6	3	1.3	0.8	0.24	0.7
沖縄	—	—	4	—	0	0.9	0.06	0.5
全国平均	33	13	6.6	3.3	1.9	0.9	0.25	0.9

表Ⅳ－２－８ 委託機関の利用の割合

(個所)

	集 計 数	Dレベルの 自 己 検 査	公 共 機 関 (a)	民 間 機 関 (b)	(b)/(a)+(b)+(c) +(d)	公 共 ・ 民 間 併 用 (c)	不 明 (d)
北 海 道	204	12 (1)	181 (1)	8	4.1	1	3
東 北	494	18 (7)	290 (4)	126 (2)	26.5	63 (1)	4
関 東 (Ⅰ)	172	27 (14)	100 (12)	23 (2)	8.8	36	50
関 東 (Ⅱ)	382	12 (8)	145 (3)	166 (2)	43.9	55 (2)	12 (1)
北 陸	109	7 (6)	84 (6)	13	12.7	7	4
東 海	308	21 (10)	72 (8)	118 (2)	41.1	106	1
近 畿	327	51 (24)	241 (22)	19	6.9	22 (2)	18
中 国	293	15 (11)	105 (6)	137 (4)	49.3	44	3 (1)
四 国	213	9 (5)	185 (4)	6 (1)	2.9	17	1
九 州	473	15 (6)	282 (2)	22 (3)	4.8	136 (1)	24
沖 縄	33	2	2	16	51.6	2	11
計	3,008	189 (92)	1,687 (68)	654 (16)	22.5	489 (6)	81 (2)

() 内は自己検査と委託検査を併用。用水供給を含む。

第 3 節 水質管理センター構想

水道の水質検査は、水質管理の基礎となるものであるから、各水道事業体自ら実施することが望ましい。しかし、中小規模の事業体は、前述のように、他の機関に委託して実施しているケースが多い。このような実態を背景として、水道法の一部改正が行われ、各水道事業体に水質検査施設の設置が原則として義務づけられることとなった。しかし、中小規模の水道事業体は、独自に水質検査設備を整備し、水質分析技術者を確保することが、予算的な制約あるいはマンパワー資源の制約等から相当の困難があるため、共同で検査体制を整える必要がある。

その基本的な考え方は、技術的、財政的にみて、給水人口25万人程度以上を包含する地域を単位として、その地域内のすべての水道の、原水、浄水及び給水栓水の水質にかかる管理業務が遂行できるよう、水質管理の中核的役割を果す水質管理センターを設置し、既存の浄水場等の水質管理体制と機動力でこれを補完したような、水質管理体制の整備を構想するものである。

水質管理に属する業務は、水質管理の企画、資料の収集と解析、定期、臨時の水質検査、薬品、資材の質的検査、水質事故調査、浄水管理、水処理の調査研究等にわたるが、一般的にいて、浄水管理のような個々の浄水場で常時即応して行うべき水質検査、又は広範

にわたる給水末端の採水と簡易な水質検査等は、それぞれの事業体によって対応し、その他の業務については、センターにおいて行うことが適当であろう。

この際、地域内の水質管理の効率性を考慮すれば、恐らくは一元的な管理体制が望ましいことであろうが、直ちにこのような体制がとれないとすれば、水道事業者相互に意見を交換しつつ、既存の水質管理体制でその一部を分担する等、整合性のとれた体制作りを考える必要がある。

以下において、地方の中小規模水道について、若干、具体的な検討を試みた。

IV-3-1 共同水質検査の項目

水質管理を水道原水、浄水過程水、給水栓水について行うものとし、その検査項目は表IV-2-2に掲げた区分の項目に若干追加して決めた。その結果は表IV-3-1のとおり

表IV-3-1 水質管理上の項目と区分

区 分	項 目	備 考
A	pH、色度、濁度、残留塩素（臭気、味、アルカリ度）	毎日検査必要項目
B	アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、塩素イオン、過マンガン酸カリウム消費量（塩素要求量、遊離炭酸）	毎月検査必要項目
C	一般細菌、大腸菌群その他の生物試験	生物試験項目
D	硬度、蒸発残留物、弗素、シアン、六価クロム、マンガン、鉄、銅、亜鉛、砒素、水銀（無機）、鉛、フェノール類、有機磷、陰イオン活性剤	水道法第4条1項2号3号に掲げる要件に該当する項目
	（BOD、浮遊物質、有機水銀、PCB、カドミウム）	排水基準関連項目
	（アルブミノイド性窒素、硫酸イオン、リン酸、ケイ酸、ナトリウム、カリウム）	その他

であり、表Ⅳ－２－２に比べて追加した項目は（ ）内に記入している。追加項目は、水道法の水質基準に関する省令には掲げていないが、いわゆる一般的な水質検査を実施する上で常識的な項目及び水質に係る排水基準の関連項目とした。

また、実態をふまえて、水道事業体独自で検査する項目と共同で検査する項目を分類したものが表Ⅳ－３－２である。これによると、給水人口２５万人以上のいわゆる大規模の水道ではすべての水質検査を独自で実施することとし、Ｄレベルの検査は２５万人未満で共同検査、Ｂ、Ｃレベルの検査は１０万人未満で共同検査を実施することとした。前述の表Ⅳ－２－６によると、人口１０～２５万人規模の水道でＤレベルの検査設備を持っている水道は全国の７６％となっているが、ここでいうＤレベルは表Ⅳ－３－１のとおり排水基準項目等を追加して考えているので、共同検査で実施することとした。また、Ａレベルの水質検査は、毎日検査の項目でもあるので、水道の規模の大小にかかわらず、すべて自己検査を行うこととした。

その他、共同で検査を実施する項目は、現在その設備の保有率がおおむね６０％以下のものを対象とした。

表Ⅳ－３－２ 共同水質検査項目

給水人口 による 区分 規模	50万人 以上	25～50 万人	10～25 万人	5～10 万人	0.5～5 万人	0.5万人 未 満
A	○	○	○	○	○	○
B	○	○	○	△	△	△
C	○	○	○	△	△	△
D	○	○	△	△	△	△

(注) 1. 水道原水、浄水過程水、給水栓水すべてこのわりふりによる。

2. 水質に係る排水基準項目は浄水能力１万 m^3 /日以上浄水場においてのみ検査項目とする。

N-3-2 業務内容と経費の試算

水質管理センターは、幾つかの水道を対象にしてその水質検査等を行なうもので、業務の内容として次のものを考える。

- (1) 水質管理の企画資料の収集と解析
- (2) 水源及び浄水施設管理（配水本管も含む）のための水質試験と評価
- (3) 給水栓水の安全性確認のための水質試験と評価
- (4) 排水基準関係項目の水質試験と評価
- (5) 薬品、資材の質的検査
- (6) 水質事故調査
- (7) 水処理の調査研究等

すなわち、水質管理センターはその地域の水質管理の中枢をなすもので、業務の内容は大規模の水道事業の水質管理内容とほぼ同様であるが、傘下の水道に簡易水道等小規模な水道が多く存在し、またそれだけに水源の数、水源の種類も多くなるので、きめの細かい管理が要求される。

このような水質管理センターを設けて地域全体の水質管理を実施すべきところは全国に数多く存在すると考えるが、水質管理センターを設けるとどのような人員が必要で、その経費はどの程度になり、またこれが給水原価にどのように影響するか、東北地方のM地域と九州地方のS地域について試算してみた。

検査項目の検査頻度は、水道法上の規定やその必要性等から表Ⅳ-3-3のようにした。

表Ⅳ-3-3 水質検査の頻度

目的別 区分	原 水	浄水過程水	給 水 栓 水	排水基準項目
A	日 単 位	日 単 位	日 単 位	日 単 位
B	月 "	月 "	月 "	月 "
C	月 "	月 "	月 "	月 "
D	年 "	年 "	年 "	月 "

検査に要する人員は、検体数が1の場合と10の場合（まとまった場合）に分け、試薬調製と試験に要する時間を考慮して、各レベルごとに表Ⅳ－3－4のように設定した。又、各レベルごとの所要経費は、表Ⅳ－3－5のように設定した。なお、計算にあたっては、各レベルの項目別に1サンプル当りの試薬経費、機器経費、光熱水道経費、備消耗品経費を算出し、合計した。また、試験方法は「水質基準に関する省令」または「上水試験法」によることとし、機器類の耐用年数、備消耗品の耐久年数は、Y市の実績値によった。

給水栓水管の採水箇所数については、次のように設定した。

給水人口 0.5万人未満：1ヶ所

〃 0.5～5万人：1万人につき1ヶ所

〃 5～10万人：5ヶ所＋5万人を超える人口について2万人につき1ヶ所

〃 10～25万人：8ヶ所＋10万人を超える人口について4万人につき1ヶ所

表Ⅳ－3－4 検査に要する人員

	検体数1の場合	検体数10の場合	
B	(1.29)	2.43	単位：検体数1の場合 〔人／1検体〕 検体数10の場合 〔人／10検体〕
C	(0.65)	2.08	
D	7.37	(14.97)	

（計算方法：各レベルの各項目の試薬調製と試験の所要時間（Y市実績）の合計を1人1日当たりの実働時間（5時間）で除した。）

表Ⅳ－3－5 1検体あたりの検査費用

	1検体あたりの所要経費
Bレベル項目一式	2,087 円
C 〃	2,132 〃
D 〃	3,087.9 〃

A. 東北地方M地域の場合

M地域はY市を中心とする地域で、7市7町を有する。地域内の水道数は59で、その内訳は表Ⅳ－3－6のとおりである。

表Ⅳ－3－6 M地域の水道数等

給水人口による規模	水道数	年間有収水量 (千 m^3 /年)	給水栓必要検査箇所数
0.5万人未満	47	1,642	47
0.5～5万人	11	17,792	29
5～10万人	0	0	0
10～25万人	1	18,191	11

(50年度末)

ア. 検体数

水質管理センターに持ち込まれる検体数を計算すると表Ⅳ－3－7のようになる。

表Ⅳ－3－7 M地域の共同水質検査検体数

目的の別	給水人口による規模 区分	10～25万人	0.5～5万人	0.5万人未満
原 水	B	—	132	564
	C	—	132	564
	D	1	11	47
浄水過程水	B	—	132	564
	C	—	132	564
	D	1	11	47
給水栓水	B	—	348	564
	C	—	348	564
	D	11	29	47
排水基準項目	D	12	—	—

総検体数 B : 2,304 C : 2,304 D : 217

イ. 試験経費

$$B : 2,304 \times 2,087 = 4,808,448$$

$$C : 2,304 \times 2,132 = 4,912,128$$

D : $217 \times 30,879 = 6,700,743$

小計 16,421,319 円

(人件費 サンプル採取 輸送費を含まず)

ウ、必要定員数

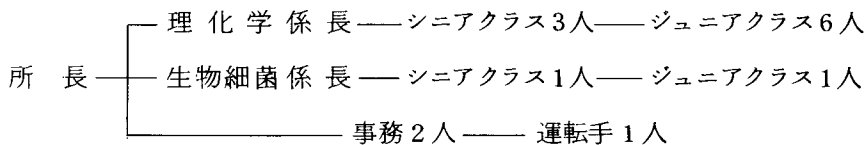
B : $2,304 \times 1 / 250 \times 2.43 / 10 = 2.24$

$$C : 2,304 \times 1 / 250 \times 2.08 / 10 = 1.92$$

$$D: \quad 217 \times 1 / 250 \times 7.37 / 1 = 6.40$$

小計 1056人

従って、センターの機構を次のように設定する。



工。人件費

所長 $700 \text{ 万} \times 1 \text{ 人} = 700 \text{ 万}$

係長 $500 \text{ 万} \times 2 \text{ 人} = 1,000 \text{ 万}$

シニアクラス $400 \text{ 万} \times 5 \text{ 人} = 2,000 \text{ 万}$

ジュニアクラス $250 \text{ 万} \times 9 \text{ 人} = 2,250 \text{ 万}$

小計 5,950 万円

才、経費

試 験 費	16,421,319
-------	------------

人 件 費 59,500,000

輸送費等	1,642,132 (試験費の10%)
------	---------------------

小計 77,563,451円

力、有収水量 1 m^3 あたりの単価

2.06 円/m³

B. 九州地方S地域の場合

S地域は、S市を中心とする地域で2市12町4村を有する。地域内の水道水は51であり、その内訳は表Ⅳ-3-8のようになっている。

表Ⅳ-3-8 S地域の水道数等

給水人口による規模	水道数	年間有収水量 (千 m^3 /年)	給水栓必要検査箇所数
0.5万人未満	44	1,697	44
0.5～5万人	6	3,627	13
5～10万人	0	0	0
10～25万人	1	12,238	10

(50年度末)

ア. 検体数

前節で設定した条件にもとづいて水質管理センターに持ち込まれる検体数を計算すると、表Ⅳ-3-9のようになる。

表Ⅳ-3-9 S地域の共同水質検査検体数

目的 の別	給水人口による 区分	10～25万人	0.5～5万人	0.5万人未満
原 水	B	—	72	528
	C	—	72	528
	D	1	6	44
浄水過程水	B	—	72	528
	C	—	72	528
	D	1	6	44
給水栓水	B	—	156	528
	C	—	156	528
	D	10	13	44
排水基準項目	D	12	—	—

総検体数 B : 1,884 C : 1,884 D : 181

イ. 試験経費

$$B : 1,884 \times 2,087 = 3,931,908$$

$$C : 1,884 \times 2,132 = 4,016,688$$

$$D : 181 \times 30,879 = 5,589,099$$

$$\text{小計} \quad 13,537,695 \text{円}$$

(人件費 サンプル採取 輸送費を含まず)

ウ. 必要定員数

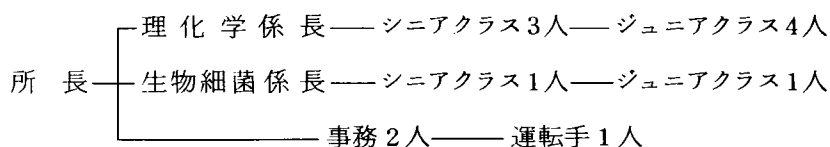
$$B : 1,884 \times 1 / 250 \times 2.43 / 10 = 1.83$$

$$C : 1,884 \times 1 / 250 \times 2.08 / 10 = 1.57$$

$$D : 181 \times 1 / 250 \times 7.37 / 1 = 5.34$$

$$\text{小計} \quad 8.74 \text{人}$$

従って、センターの機構を次のように設定する。



エ. 人 件 費

所	長	$700 \text{万} \times 1 = 700 \text{万}$
---	---	--

係	長	$500 \text{万} \times 2 = 1,000 \text{万}$
---	---	--

シニアクラス	$400 \text{万} \times 5 = 2,000 \text{万}$
--------	--

ジュニアクラス	$250 \text{万} \times 7 = 1,750 \text{万}$
---------	--

$$\text{小計} \quad 5,450 \text{万円}$$

オ. 経 費

試 験 費	13,537,695
-------	------------

人 件 費	54,500,000
-------	------------

輸 送 費 等	1,353,770 (試験費の10%)
---------	---------------------

$$\text{小計} \quad 69,391,465 \text{円}$$

カ. 有収水量 1 m^3 あたりの単価

$$3.95 \text{円} / \text{m}^3$$

Ⅳ－３－３ 自己検査体制

(1) 給水人口１０万人未満の水道

この規模の水道では、Ｂ、Ｃ、Ｄレベルの水質項目の検査を水質管理センターで共同で実施することとし、自己検査は毎日検査程度が確実に実施できる体制を確立する。表Ⅳ－２－３のＡレベルの自己検査設備の実態からしても人口５～１０万人規模で８６％、１～５万人７２％、１万人未満で５９％と満足すべきものではない。したがって、水質管理センターと連絡を密にしながらＡレベルの検査体制の整備に努めなければならない。

(2) 給水人口１０万～２５万人の水道

この規模の水道となると、Ｂ、Ｃレベルの水質検査も独自で実施できる体制をととのえる。実態からいってもＢレベル８３％、Ｃレベル６５％の設備保有率となっており、自らの検査体制の整備に努めるとともに、水質管理センターの中核的役割を果たすべきである。

(3) 給水人口２５万人以上の水道

この規模の水道では、すべての水質検査を独自で実施することを目標とする。実態からしてもＡ、Ｂ、Ｃ、Ｄレベルいずれも９０％以上の設備保有率であり一応その体制は形造られているといえよう。しかしながら、この規模の水道は規模が大きいだけに水源が幾つかにわかれていたり、広大な給水区域をかかえていることによる水道全体にわたる高度な水質管理が要求される。これらの水道に課せられた水質管理の問題は今後のわが国の水道水質管理の技術水準をリードし、また、地域によっては、水質管理センターの中心となってその地域の水質管理の指導的立場となるべきことが要請されよう。

第４節 第Ⅳ章のまとめ

第Ⅳ章においては、わが国の水道における水質管理体制の現状分析と考察を行なうとともに、将来の方向として水質管理センター構想を提言した。

水道水の需要は今後とも増大することが予想され、これに対応する施設整備を進める必要がある一方、全国の水道の普及率が９０％近くになった今日、水道の維持管理に一層力点をおいてその充実に努める必要がある。とくに水質管理はその中核的な役割を演ずるのであり、これからの水道行政においても真剣に取り組むべき分野である。

水質管理体制の現状分析の結果と考察をとりまとめると次のようである。

(1) 原水水質の監視・測定

- ① 自動測定装置は全国の362浄水場の57%が整備し、規模が大きい程その整備率が高い。
- ② 河川等の水質汚濁に対処するため、全国の浄水場の3分の1が他の水道事業との共同水質監視組織を持っている。地域別では関東、近畿地方が多い。
- ③ 全国の3分の2の浄水場で生物による原水水質の監視を行っている。
- ④ 水質検査施設を持たない水道が全国で33%もある。毎月検査程度の施設を持っている水道は15%で、また全項目検査のできる設備を持っている水道は全国で10%に満たない。また、生物検査のできるのは全国で8%弱である。
- ⑤ 毎日検査の項目でさえ人口10万人以下の水道では委託検査に出しているところがある。
- ⑥ 毎月検査項目となると人口5～10万人規模で55%、それ以下の人口規模の水道ではほとんど委託検査にたよっている。
- ⑦ 生物検査の設備は人口10～25万人規模で65%、5～10万人規模で36%持っているが、生物以外の全項目検査の設備があっても生物検査設備のない水道が半数を占めている。
- ⑧ 生物以外の全項目検査設備は、人口10～25万人規模の水道で76%が持っているが、5～10万人で42%、1～5万人で9.1%と小規模水道ではほとんど検査ができない。
- ⑨ 水質検査従事職員は全国平均で1水道あたり0.9人で従事職員のいない水道がある。
- ⑩ 水質検査の委託機関は公共機関58%、民間23%、残りは公共機関と民間の併用となっている。

以上のように、水質検査体制は必ずしも十分であるとはいえず、とくに小規模の水道の水質管理体制の拡充が必要である。

水質管理の将来の方向としては、主として中小規模水道の共同管理すなわち水質管理センターについて提案を行なった。

その基本的な考え方は、技術的、財政的にみて、給水人口25万人でいど以上を包含す

る地域を単位として、その地域内のすべての水道の原水、浄水及び給水栓水の水質にかかる管理業務が遂行できるよう、水質管理の中核的役割を果たす水質管理センターを設置し、既存の浄水場等の水質管理体制と機動力でこれを補完するような、地域単位の水質管理体制を構想するものである。

この構想を進めるにあたっては既存の都市ごとの検査体制との整合が必要である。既存施設の検査体制は規模によって異なる点も考慮しつつ、管理センターの受け持つ検査対象を、例えば毎日検査レベルは各水道で実施するものとし、アンモニア性窒素等の毎月検査及び生物検査は10万人未満の水道につき、又重金属等の検査は25万人未満の水道につき共同化を図る等と想定して、具体的な事例について水質管理センターの検査業務量、組織、人員、及び所要経費を試算した。

この構想の具体的な推進については、各水道が水質管理について問題意識をもち、かつ地域内の結束が前提となる。水道法改正による広域的水道整備計画の中で誘導し、又53年度予算で新たに制度化された水質検査施設整備費に対する国庫補助も活用しつつその整備を図るべきことを強調した。

第Ⅱ編 水道原水の水質特性と浄水管理についての一考察

近年における河川等の水質汚濁は、全般的にみて、重金属等の有害物質による汚染は著しく改善され、又、有機性の汚濁についても、その進行は鈍化し、一部には改善のきざしがみえるとされている。しかし水道の立場からすれば、シアン、フェノールなどの濃厚汚染に伴う取水停止や制限の事故は跡を断たないし、又、湖沼、ダムの富栄養化の進行に伴う異臭問題を提起している。さらに新しい化学物質の出現や水質分析技術の進歩は、水質管理の対象とすべき指標の拡大と分析の高度化を要請している。

最近における水道水源の確保難は、計画段階での水源の種別及び取水地点の選択を著しく制約し、将来的にもこの傾向は強まるものと予想されることから、これらの水質問題を回避することは困難となり、加えて、ダムの築造に伴う下流域の濁水の長期化、強酸性河川や高汚濁水の活用など、水道の浄水操作にかかる水質問題は複雑、多様化の動向をたどっている。

これらの水質汚濁問題への対応は、第一義的には環境サイドで措置されるべき課題であろうが、水道サイドとしても浄水操作 — 浄水法と浄水管理 — の高度化等により対応する必要がある。

本編では、水源の汚濁度と浄水管理のレベルに着目し、とくに水道水源の水質特性の類型化を試みた。現在、水道水源の汚濁度を表示する方法としては、さきに厚生省が水質基準研究班の協力を得て作成した飲料水の水質基準等の各項目に対応する原水基準（４５年）、又、水道施設設計指針・解説（５２年改訂）においても、その浄水方法の選択の目安、及び水質管理上の留意点に関し、原水の主要な項目についての記述がある。また諸外国でも水道原水の基準、又はクライテリアを出している例もみられる。

これらは、いずれも項目ごとに表示したものであり、水質管理の目標は個々の項目の基準値であるから、項目ごとの特性について配慮すべきことは当然であるが、水源の個々の特性を総合的に把えて、水源相互間を比較考察することは困難である。例えばBOD 1 ppm、アンモニア性窒素 0.5 ppmの場合と、BOD 5 ppm、アンモニア性窒素 0.1 ppmの場合をどのように評価するか、あるいは、浄水管理上重要な意味をもつ水質値の変動をどのよ

うに把えるか等である。

よって本稿においては、わが国の主要浄水場の原水の毎日検査結果のうち、浄水操作に関係の深い指標をとりあげて、主成分分析法を用いて総合特性値を求め、原水の水質特性を表示し、その類型化を試みた。またこの類型と浄水操作の水準とのリンクについて考察した。

第1節 水質特性の表示法 — 主成分分析

浄水場の原水水質特性を浄水場間で横断的にながめ、評価しようとするとき、水質項目が数多くあると全体の特性把握が困難である。一般に、水質項目が互いにどのように影響しあっているのかについて調べるには、通常データの散布図を描き、これにより把握することが行なわれる。しかし、数多くの水質項目間の関係を同時に把握しようとする場合、たとえば5次元空間、6次元空間にプロットされた散布図は我々の頭では想像することは不可能であるので、なるべく情報量を損出せず少数個の総合的な特性値に集約し、これによって解析・評価を行う方法として主成分分析が考えられる。

主成分分析法(Principal Component Analysis、略してPCAという)とは、 p 個の特性値 x_1, x_2, \dots, x_p のもつ情報を、次に述べる2つの条件を満足する m 個($m < p$)の総合特性値 z_1, z_2, \dots, z_m — これを第1、第2……第 m 主成分(Principal Components)とよぶ — に要約する手法である。

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= l_{11} x_1 + l_{12} x_2 + \dots + l_{1p} x_p \\ z_2 &= l_{21} x_1 + l_{22} x_2 + \dots + l_{2p} x_p \\ &\dots\dots\dots \\ z_k &= l_{k1} x_1 + l_{k2} x_2 + \dots + l_{kp} x_p \\ &\dots\dots\dots \\ z_m &= l_{m1} x_1 + l_{m2} x_2 + \dots + l_{mp} x_p \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ただし

$$\sum_{i=1}^p l_{ki}^2 = 1$$

条件は下記のとおりとする。

(1) z_k と $z_{k'}$ ($k = k'; k, k' = 1, 2, \dots, m$) の相関は全てゼロである。

(2) z の分散は (x_1, x_2, \dots, x_p) のあらゆる 1 次式のもつ分散のうち最大である。 z_2 の分散は z_1 と無相関なあらゆる 1 次式のなかで最大である。以下同様にして、 z_m の分散は z_1, z_2, \dots, z_{m-1} のすべてと無相関な 1 次式のなかで最大である。

このような原理にもとづく主成分分析によって、互いに相関のある多種類の特性値のもつ情報を、互いに無相関な少数個の総合特性値に要約することができる。主成分分析法に用いられるデータは n 個のサンプル（この場合原則として年間 365 回の採水試料）について測られた p 種類の特性値（この場合、5 又は 6 の水質項目）である。これを x_{ai} ($a = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, p$) という記号で表わすと表 II-1-1 のようになる。

この p 個の特性値の単位は原則的には、何であってもかまわない。したがってある特性値は小さい数値で分散も小さいが、他の特性値は大きい数値で分散も大きいといったような場合でもさしつかえない。しかし、ある特性（たとえば水温）の値は -10°C から $+30^\circ\text{C}$ までの範囲であるのに他の特性（たとえば、アンモニア性窒素）の値は 0 ppm から 1.0 ppm までの範囲であるといったような場合、ある特性の 1 単位が他の特性の 1 単位に対応しないので、すべての特性値 x を基準化しておく方がよい。基準化する方法としては、一般には特性値 x を

$$x'_{ai} = (x_{ai} - \bar{x}_i) / S_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

表 II-1-1 p 個の特性値とそれから導びかれる m 個の主成分

サンプル No.	も と の 特 性 値						抽 出 さ れ た 主 成 分					
	x_1	x_2	$\dots\dots$	x_i	$\dots\dots$	x_p	z_1	z_2	$\dots\dots$	z_k	$\dots\dots$	z_m
1	x_{11}	x_{12}	$\dots\dots$	x_{1i}	$\dots\dots$	x_{1p}	z_{11}	z_{12}	$\dots\dots$	z_{1k}	$\dots\dots$	z_{1m}
2	x_{21}	x_{22}	$\dots\dots$	x_{2i}	$\dots\dots$	x_{2p}	z_{21}	z_{22}	$\dots\dots$	z_{2k}	$\dots\dots$	z_{2m}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
a	x_{a1}	x_{a2}	$\dots\dots$	x_{ai}	$\dots\dots$	x_{ap}	z_{a1}	z_{a2}	$\dots\dots$	z_{ak}	$\dots\dots$	z_{pm}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots
n	x_{n1}	x_{n2}	$\dots\dots$	x_{ni}	$\dots\dots$	x_{np}	z_{n1}	z_{n2}	$\dots\dots$	z_{nk}	$\dots\dots$	z_{nm}

により変換 (S_i は標準偏差) するが、これは x が 0 を中心に分布し、その標準偏差は 1 となるように変換したものである。

第 2 節 代表水質項目の選定

全国の浄水場において測定されている水質測定項目の種類及び数は、その浄水場の原水水質の汚濁レベルや汚濁特性によってまちまちである。当然、測定項目は汚濁レベル、汚濁の特性によって変えられてしかるべきで、全国のどの浄水場でも全国的に共通の水質項目を測定しなければならないわけではない。しかし、全国各地の代表的な浄水場の原水水質特性を横断的に調べるには、一般的で共通性がありかつ水質の代表指標として適切なものを選ぶ必要がある。全国の浄水場の中から原水水質レベルとその特性からみて代表的と考えられる 13 の浄水場について水質測定項目を調べると、原水の水質が良好な流杉浄水場のように 4 項目しか測定していないところから、原水の水質汚濁が進行している柴島、金町浄水場のように 10 数項目を測定しているところもある。

多くの浄水場で測定されている項目としては、水温、濁度、pH (13 浄水場のうち 13 浄水場が測定を実施している、以下、13/13 と略記する)、アルカリ度 (11/13)、 KMnO_4 消費量、気温、色度、アンモニア性窒素 (9/13)、電気伝導度 (7/13) などである。

水質の状態を詳しく把握するためには、なるべく数多くの項目を測定するのがよいことは言うまでもないが、主成分分析を行う場合に、相関が強すぎる項目を用いるのは、その原理から考えても得策でないので、各項目間の相関の程度を調べ、相関の強すぎる項目についてはどちらか一方で代表させる必要がある。13 浄水場の測定項目により調べてみると、相関係数 0.6 以上の項目間の組合せの存在は表Ⅱ-2-1 に示すとおりである。○で囲んだものは相関が比較的多くの浄水場で存在するものである。この○で囲んだもののうち、相関がとくに強い (相関係数が 0.9 以上) 浄水場の数を表Ⅱ-2-2 に示した。①気温-水温、②アルカリ度-電気伝導度、③色度-濁度の間の相関は比較的多くの浄水場で非常に強い (相関係数 0.9 以上) 相関がある。 KMnO_4 消費量-濁度も強い相関のある浄水場もある。測定している浄水場が多くないので一般的傾向かどうか明確でないが、電気伝導度と Cl イオン、ABS、総硬度とのそれぞれの相関、アルカリ度と Cl イオン、

ABS、総硬度とのそれぞれの相関、アンモニア性窒素とABSとの相関、一般細菌とデソ赤変菌との相関が強い。

浄水場間の共通測定水質項目の選定のため、数多くの浄水場で測定されている項目をピックアップすると、前述のごとく水温、濁度、pH、アルカリ度、KMnO₄消費量、電気伝導度、気温、アンモニア性窒素、電気伝導度がそれに該当する。相関の非常に強い、水温－気温、色度－濁度、電気伝導度－アルカリ度については、それぞれどちらか一方だけを採用することとし、水温、濁度、アルカリ度を採用することとすると、次の6項目は、水質特性をできるだけ正確に表現し、しかも比較的多くの浄水場で測定されているという観点での代表水質項目であるということができる。

- (1) 水 温
- (2) 濁 度
- (3) pH
- (4) アルカリ度
- (5) KMnO₄ 消費量

表Ⅱ－2－1 測定項目間の相関係数が0.6以上の項目の組合せが存在する浄水場の数

項 目	水 温	濁 度	pH	KMnO ₄ 消費量	電気伝導度	アルカリ度	アンモニア性窒素	色 度	BOD	DO	気 温	A B S	総 硬 度	Mn	F e
水 温	100	15	15	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10
濁 度		100	15	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10
pH			100	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10
KMnO ₄ 消費量				100	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10
電気伝導度					100	10	30	10	10	10	10	10	10	10	10
アルカリ度						100	30	10	10	10	10	10	10	10	10
アンモニア性窒素							100	10	10	10	10	10	10	10	10
色 度								100	10	10	10	10	10	10	10
BOD									100	10	10	10	10	10	10
DO										100	10	10	10	10	10
気 温											100	10	10	10	10
A B S												100	10	10	10
総 硬 度													100	10	10
Mn														100	10
F e															100

(注)。表中の数値の分母は該当する浄水場の数。分子はそのうち相関係数が0.6以上を示す浄水場の数。
 ○ 分数を○で囲んだものは分子が2以上、分数の値が1/2以上のもの。
 - は該当する浄水場がないことを意味する。

(6) アンモニア性窒素

ただし、アンモニア性窒素はかならずしも多くの浄水場で測定されているというわけではないので、全国的に共通な水質項目という観点では適切でないかも知れない。したがって、アンモニア性窒素を含めた6項目と、除いた5項目の2ケース(表Ⅱ-2-3参照。前者をケースA、後者をケースBと呼ぶこととする。)を代表水質項目として解析し、どちらのケースの方が適切かをも検討する。

表Ⅱ-2-2 相関がとくに強い測定項目の組合せ
(表Ⅱ-2-1で○で囲んだものについて)

項目の関係				相 関 係 数 0 以 上	相 関 係 数 0 以 上
				の 浄 水 場 の 数	の 浄 水 場 の 数
①水	温	—	アンモニア性窒素	3/6	3/9
②水	温	—	気 温	3/6	3/9
③濁	度	—	KMnO ₄ 消費量	3/6	3/9
④濁	度	—	色 度	3/6	3/9
⑤電 気 伝 導 度	—	—	アルカリ度	3/6	3/9
⑥電 気 伝 導 度	—	—	アンモニア性窒素	3/6	3/9
⑦アンモニア性窒素	—	—	気 温	3/6	3/9
⑧アンモニア性窒素	—	—	A B S	3/6	3/9

(注) 分母は該当する浄水場の数。分子はそのうち相関係数が0.6
又は0.9以上の浄水場の数。
○で囲んだのは3/9以上の浄水場で相関係数が0.9以上のもの。

表Ⅱ-2-3 ケースAとケースBの比較表

	ケ ー ス A	ケ ー ス B
対 象 項 目	水 温	同 左
	濁 度	"
	p H	"
	KMnO ₄ 消費量	"
	ア ル カ リ 度	"
	アンモニア性窒素	—
対 象 浄 水 場	—	大 治
	藻 岩	同 左
	柴 島	"
	玉 川	"
	朝 霞	"
	金 町	"
	浅 香 山	"
	柏 井	"
	—	霞 浦

第3節 主成分分析の結果と考察

水質項目として6項目（水温、濁度、pH、KMnO₄消費量、アルカリ度、アンモニア性窒素）を選定し、この全てを測定している7浄水場（藻岩、柴島、玉川、朝霞、金町、浅香山、柏井）を対象とする場合（ケースA）と、アンモニア性窒素を除いた5項目を選定し、この水質項目の全てを測定している9浄水場（前述の7浄水場に大治と霞浦の2浄水場を加えたもの）を対象とする場合（ケースB）についてそれぞれ主成分の算出を行なった。又各特性値のデータは式(2)をモディファイした次式(2)'で基準化した。

$$x'_{ai} = (x_{ai} - \bar{x}_i) / \sqrt{n-1} S_i \dots\dots\dots (2)'$$

ここでnはデータ数

ケースAの主成分の計算結果は表Ⅱ-3-1、表Ⅱ-3-3に示すとおりである。いまここで、

x_1 = 水 温

x_2 = 濁 度

x_3 = pH

x_4 = KMnO₄ 消費量

x_5 = アルカリ度

x_6 = アンモニア性窒素

とおくと、表Ⅱ-3-1の固有ベクトルの表から明らかなように第1主成分（ z_1 ）、第2主成分（ z_2 ）、……第6主成分（ z_6 ）は次のように表わせる。

表Ⅱ-3-1 固有ベクトル表（ケースA）

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分	第6主成分
水 温	0.0945	0.4861	0.4242	0.7397	0.0099	0.1660
濁 度	0.2567	0.5223	-0.6790	-0.0127	-0.4243	0.1412
pH	0.1195	0.5151	0.4617	-0.6710	0.0640	0.2299
KMnO ₄ 消費量	0.5761	0.1121	-0.2109	0.0231	0.7354	-0.2643
アルカリ度	0.5590	-0.1423	0.3147	-0.0293	-0.5207	-0.5443
アンモニア性窒素	0.5163	-0.4390	0.0477	0.0321	-0.0623	0.7305

表Ⅱ－３－２ 固有ベクトル表（Ｂケース）

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分
水 温	-0.2523	-0.5100	-0.6988	-0.4366	-0.0013
濁 度	-0.4434	0.0545	-0.3341	0.7312	0.3925
pH	-0.1643	-0.8106	0.5212	0.2093	-0.0195
KMnO ₄ 消費量	-0.6501	0.2034	0.0774	0.0167	-0.7279
アルカリ度	-0.5386	0.1961	0.3500	-0.4829	0.5620

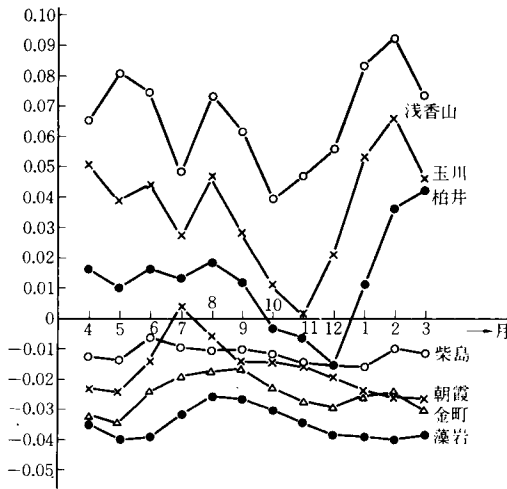
$$\begin{aligned}
 z_1 &= 0.0945x_1 + 0.2567x_2 + 0.1195x_3 \\
 &\quad + 0.5761x_4 + 0.5590x_5 + 0.5163x_6 \\
 z_2 &= 0.4861x_1 + 0.5223x_2 + 0.5151x_3 \\
 &\quad + 0.1121x_4 + 0.1423x_5 - 0.4390x_6 \\
 &\quad \dots\dots\dots \\
 z_6 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} z_1 \\ z_2 \\ z_6 \end{aligned}} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

これらの主成分は、各特性値に係数を乗じたものを加え合せたものとなっているので、各特性値の重みつき平均値であり、その重みが適切な値に設定されれば水質の総合指標として用いる可能性がある。

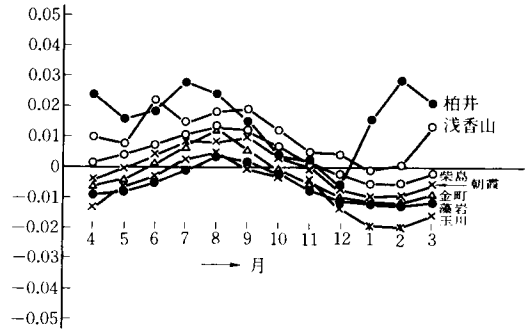
各浄水場の主成分値がどのようなものであるかを見るため、各特性値の月平均値を式(1)に代入し、主成分値の月別変動を調べた（図Ⅱ－３－１）。図Ⅱ－３－１(イ)は第 1 主成分、(ロ)は第 2 主成分、(ハ)は第 3 主成分を表わしたものである。(イ)の図において、第 1 主成分の値は、月別変動が若干認められ、浄水場による差が大きい。浅香山が最も大きく、藻岩が最も小さい。7 浄水場の第 1 主成分の順位は原水水質の汚濁の程度の順位に合致している。(ロ)の図において、第 2 主成分の値の順位は玉川が低い方に位置し、柏井が高い方に位置している点を除けば、概ね原水水質の汚濁の程度の順位に合っている。また第 2 主成分は夏は高く、冬は低くなるサインカーブ状の月別変動が見られる。

(イ)、(ロ)、(ハ)の図をながめてみると、主成分の値のとり Range が第 1 主成分が最も大きく、第 2 主成分は第 1 主成分の 1/2 以下であり、第 3 主成分は第 1、第 2 主成分と較べると、値の Range は非常に小さい。したがって、元の特性値の大部分の情報は第 1、第 2 主成

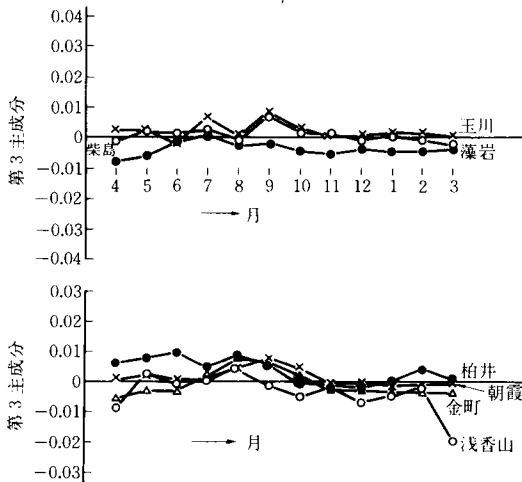
図Ⅱ-3-1(イ) 第1主成分の月別変化
(ケースA)



図Ⅱ-3-1(ロ) 第2主成分の月別変化
(ケースA)



図Ⅱ-3-1(ハ) 第3主成分の月別変化
(ケースA)



分に集約されていると見られ、第3以下の主成分による情報のウェイトは小さいと考えられる。具体的に第1主成分だけで、 $p = 6$ 個の特性直 x_1, x_2, \dots, x_6 のもつ情報を何%カバーできるか(何%の情報損出で総合特性値 z_1 に要約できるか)をみるのには、寄与率(又は累積寄与率)を調べればよい。第1主成分から第 m 主成分までの累積寄与率は

$$\sum_{k=1}^m \lambda_k / p \dots\dots\dots(4)$$

で表わされる。ここで、 λ_k は第 k 主成分の固有値 (Eigenvalues)、 p は特性値の総数である。

(4)式から、第1主成分の寄与率は 0.43、第1～第2主成分の累積寄与率は 0.65、第1～第3主成分の累積寄与率は 0.81 である (表Ⅱ-3-3)。

ケースBについても同様に主成分の計算及び寄与率の計算を行うと、主成分は表Ⅱ-3

表Ⅱ－３－３ 固有値と累積寄与率（ケースA）

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分
固有値 (=主成分の分散)	2.5710	1.2998	0.9697	0.8996	0.1462	0.1135
累積寄与率	0.43	0.65	0.81	0.96	0.98	1.00

表Ⅱ－３－４ 固有値と累積寄与率（ケースB）

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分
固有値 (=主成分の分散)	2.0465	1.0028	0.9105	0.8741	0.1661
累積寄与率	0.41	0.61	0.79	0.97	1.00

－2、寄与率は表Ⅱ－３－４に示すとおりとなる。ケースAはケースBよりも特性値の数が多いにもかかわらず第1主成分、第2主成分、第3主成分の累積寄与率が高く、したがって、できるだけ各種の特性値を少数個の総合特性値に要約するという観点からはケースAの方を用いた方がよいことがわかる。

ケースAの場合、各主成分がどんな意味をもつのかをみるために、主成分 z_k ともとの特性 x_i との相関（因子負荷量、factor loading という。）を計算すると、表Ⅱ－３－5に示すように、第1主成分と、 KMnO_4 消費量、アルカリ度、アンモニア性窒素との相関係数は、それぞれ 0.92、0.90、0.83であり、非常に強い相関がある。これらの3特性は汚濁とくに人工的汚濁の強い場合に高くなるので、第1主成分は人工的汚濁の程度を表わす指標であると考えられる。また、図Ⅱ－３－1(1)で既に考察したごとく、各浄水

表Ⅱ－３－5 因子負荷量（主成分と各項目との相関）（ケースA）

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	第 6 主成分
水 温	0.152	0.566	0.418	0.702	0.004	0.056
濁 度	0.412	0.595	-0.669	-0.012	-0.162	0.048
pH	0.192	0.587	0.455	-0.636	0.002	0.078
KMnO_4 消費量	0.924	0.128	-0.211	0.022	0.281	-0.089
アルカリ度	0.896	-0.162	0.310	-0.028	-0.199	-0.183
アンモニア性窒素	0.828	-0.501	0.047	0.030	-0.024	0.246

表Ⅱ－３－６ 因子負荷量（主成分と各項目との相関）（ケースＢ）

	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分
水 温	-0.361	-0.511	0.667	-0.405	-0.005
濁 度	-0.634	0.055	-0.319	0.684	0.160
pH	-0.235	-0.812	0.497	0.196	-0.008
KMnO ₄ 消費量	-0.930	0.204	0.074	0.016	-0.297
アルカリ 度	-0.771	0.196	0.334	-0.452	0.229

場の第 1 主成分の順位は、原水水質の汚濁の程度の順位と合っており、このことから前述のことが確められる。一方、第 2 主成分は、水温、濁度、pH とかなり相関が強く、また図Ⅱ－３－１(ロ)で既に考察したごとく、季節的变化が明瞭であり、その値の順位は概ね汚濁の程度の順位となっている。したがって、第 2 主成分は自然的汚濁の程度又は気候因子を表わす指標と考えられる。他のいくつかの同様の研究例（たとえば南部、松本など）においてもここで述べた意味づけと概ね同様であるので、このような意味づけは一応正当なものと考えられる。

ケースＢについても同様の解析が可能であり、結果も概ね同様のものである（表Ⅱ－３－６）。しかしながら、ケースＡにおいて既にみたように、アンモニア性窒素と第 1 主成分の相関が、KMnO₄ 消費量との相関と同程度に強いということから、アンモニア性窒素の汚濁指標としての重要性が立証されたとも言え、また、前述の主成分の寄与率の評価の点とも合わせ考えると、アンモニア性窒素は水質解析には重要な項目と推定され、これを含まないケースＢよりも、含んだケースＡでの解析の方がよい結果が得られると考えられる。

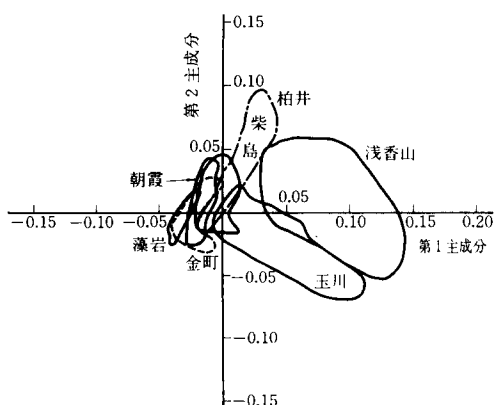
表Ⅱ－３－７ ケースＡの全データの平均と標準偏差

	平 均	標 準 偏 差
水 温	14.64	8.04
濁 度	19.82	32.78
pH	7.20	0.33
KMnO ₄ 消費量	11.65	9.77
アルカリ 度	44.57	24.83
アンモニア性窒素	1.00	1.53

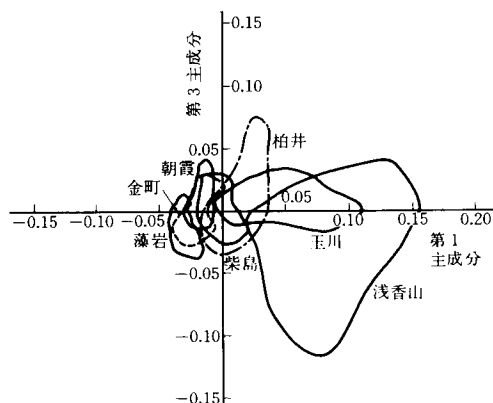
第4節 水質特性による浄水場の類型化と水質管理

7 浄水場について毎日の採水試料の第1主成分の値と第2主成分の値の分布図を描いてみると図Ⅱ-4-1(イ)のようになる。第1主成分を横軸、第2主成分を縦軸にとったものであり、第1主成分値の大きさの順位は、浅香山→玉川→柏井→柴島→朝霞→金町→藻岩という順位であり、値の分布幅の大きさも概ね同様の順位である。第2主成分については、その値は柏井が大きく、玉川が小さい。値の分布面積は浅香山、柏井、玉川が大きく、柴

図Ⅱ-4-1(イ) 主成分の分布(第1主成分-第2主成分)



図Ⅱ-4-1(ロ) 主成分値の分布(第1主成分-第3主成分)



小さいので、汚濁の変動は小さいことがうかがい知れる。

図Ⅱ-4-1(ロ)は第1主成分の値と第3主成分の値の分布図である。図Ⅱ-4-1(イ)と

島、朝霞、金町は中程度で、藻岩は小さい。図に表わされた主成分値の分布面積は汚濁の変動を表わす。すなわち、面積が大きいのは汚濁の変動が著しく、面積が小さいのは変動が小さいことを表わす。また、分布面積が円形に近いのは、人工的汚濁と自然的汚濁の変動が同程度であり、かつ両者に相関のないことを示し、細長いのは一方の汚濁の変動の方が大きく、かつ両者に相関があることを示す。

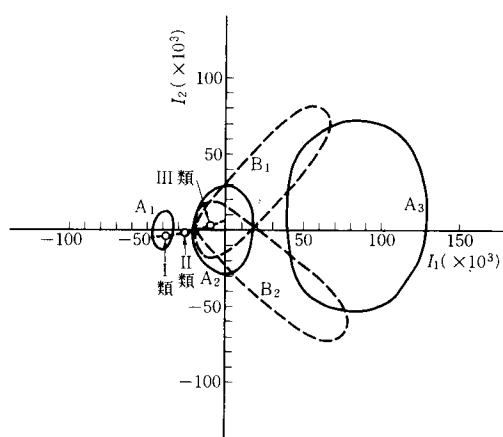
たとえば、浅香山については分布面積は円形に近く、かつその面積は大きいので、人工的汚濁、自然的汚濁ともに変動が大きい。柏井、玉川については分布面積は細長いので、柏井、玉川はそれぞれ自然的汚濁、人工的汚濁の変動が大きい。一方、藻岩は分布面積が

概ね同様のパターンがみられるが、第3主成分について特に特徴的な情報は得られない。またその寄与度は大きくないので、第3主成分以下の主成分は評価対象としなくても大きな判断の誤りはないであろう。

原水水質の汚濁程度と変動状態は浄水場の水質管理に重要な意味をもつ。図Ⅱ-4-1(1)は、汚濁の程度(人工的汚濁と自然的汚濁の程度)とその変動状態を集約して表わしたものである、したがってこの図の主成分得点分布パターンは水質管理の観点からの浄水場の類型化の基礎情報を与える。

類型化は、汚濁の程度、変動状態を考慮し、かつ、図Ⅱ-4-1(1)を参考にすると、図Ⅱ-4-2に示すように5タイプに類型化することが可能と考えられる。この図の縦軸、横軸は、図Ⅱ-4-1(1)の縦軸、横軸と同様のもの、つまり、7浄水場における主成分分析の結果の第1主成分と第2主成分の値であるが、主成分分析の結果の第1主成分、第2

図Ⅱ-4-2 総合指標による類型パターン



主成分は、水質の総合的な指標として考えられ、解析にとりあげた7浄水場は全国の浄水場のうち原水水質の観点から代表的なものである、この縦軸、横軸を普遍的な水質の総合指標と考え、それぞれ I_1 , I_2 とすると、 I_1 , I_2 は式(2)' と式(3)及び表Ⅱ-3-7から次のように表現することができる。

$$\left. \begin{aligned} I_1 \times 10^3 &= 0.25(x_1 - 14.64) + 0.169(x_2 - 19.82) \\ &\quad + 7.81(x_3 - 7.20) + 1.27(x_4 - 11.65) \\ &\quad + 0.486(x_5 - 44.57) + 7.28(x_6 - 1.00) \\ I_2 \times 10^3 &= 1.30(x_1 - 14.64) + 0.344(x_2 - 19.82) \\ &\quad + 33.6(x_3 - 7.20) + 0.248(x_4 - 11.65) \\ &\quad - 0.124(x_5 - 44.57) - 6.19(x_6 - 1.00) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

表Ⅱ-4-1は、5つの類型パターンのグラフ上の特徴を一覧表にしたものである。こ

の類型パターンに各浄水場をあてはめると、

藻 岩 …… A_1
 朝 霞 …… } A_1 と A_2 の間
 金 町
 柴 島 …… A_2
 浅香山 …… A_3
 柏 井 …… B_1
 玉 川 …… B_2

となる。

これらの類型が原水水質の基準（Ⅰ類、Ⅱ類、Ⅲ類）と比較してどのような位置関係にあるかをみるため、水質の基準値を式(4)に代入し、その結果（結果は表Ⅱ-4-3参照）を同じ図にプロットした。水温、アルカリ度については基準値が設けられていないので、便宜的に設定した（表Ⅱ-4-2）

次に、類型ごとの水質特性と水質管理の概要は次のとおりである。

A_1 : 原水水質の状態は非常に良好である。人工的汚濁は低く、変動も小さい。自然的汚濁の変動は若干あるが大きい。この類型の浄水場では、原水

の水質は良好であるので、水質管理は一般に容易である。自然的汚濁の変動が若干あるので、この点に考慮を払いさえすればよい。

表Ⅱ-4-1 浄水場の類型パターンのグラフ上の特徴

類型	分布面積の形状	分布面積の大きさ	分布位置
A_1	円形に近い	小 さ い	左 方
A_2		中 間	中 間
A_3		大 き い	右 方
B_1	細 長 い	かなり大きい	右上にのびる
B_2			右下にのびる

表Ⅱ-4-2 水質の基準

	Ⅰ 類	Ⅱ 類	Ⅲ 類
水 温	(15℃)	(15℃)	(15℃)
濁 度	2.0	10.0	30.0
pH	7.0	7.0	7.0
KMnO ₄ 消費量	4.0	8.0	12.0
アルカリ度	(10.0)	(20.0)	(30.0)
アンモニア性窒素	0.01	0.1	0.5

表Ⅱ-4-3 水質の基準の I_1 , I_2 値

	Ⅰ 類	Ⅱ 類	Ⅲ 類
$I_1 (\times 10^3)$	-38.2	-26.3	-10.0
$I_2 (\times 10^3)$	-3.9	-2.0	+2.2

表Ⅱ－４－４ ある取水源の水質データと総合指標

	△△年 4月	5	6	7	8	9	10	11	12	××年 1	2	3
水 温	15.0	18.3	22.5	28.3	28.4	24.5	19.1	13.1	7.1	5.8	5.9	8.1
濁 度	31.9	26.1	14.0	13.0	17.5	16.3	20.1	14.3	14.0	13.5	22.6	27.4
pH	7.2	7.1	7.1	7.2	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2	7.3	7.4	7.4
KMnO ₄ 消費量	12.6	11.0	12.2	11.1	12.7	13.1	13.6	11.0	12.1	10.7	10.8	10.3
アルカリ 度	30.0	27.5	32.7	34.3	35.1	35.4	35.6	38.0	40.6	35.7	31.4	30.2
アンモニア性窒素	0.79	0.60	0.95	0.74	0.84	0.77	0.96	1.07	1.38	1.18	0.98	0.84
I ₁ (×10 ³)	-5.3	-10.9	-5.1	-5.3	-0.5	-1.6	-0.2	-4.1	-1.4	-6.8	-7.8	-8.7
I ₂ (×10 ³)	7.9	8.0	6.8	18.2	22.9	18.0	11.2	-0.4	-13.6	-10.6	-2.3	3.3

A₂ : 原水水質の特性は A₁ と A₃ の中間的状态である。

A₃ : 水質の状態は全般的に悪い。人工的汚濁は高く、変動も大きい。自然的汚濁の変動も大きい。

このタイプの浄水場における水質管理はかなり困難で、高度の技術を駆使しなければならない。

B₁ : 人工的汚濁及び自然的汚濁の変動が大きい。また、一方が大きくなると他方も大きくなるという関係がある。汚染がかなり進行した湖沼を水源とする浄水場がこれに該当する。

このタイプの浄水場では、原水の水質は A₃ ほど悪くはないが、自然的汚濁（富栄養化現象など二次的汚染を含む）の変動が大きいので、原水水質の監視を密にし、異臭味等の問題の起こらないような水質管理が必要である。

B₂ : 人工的汚濁及び自然的汚濁の変動が大きい。また一方が大きくなると他方が小さくなるという B₁ と逆の関係がある。たとえば、降雨等による流量増加に伴い、人工汚濁の希釈による低下が起こるときには濁度の上昇があり、濁度が低下しているときには人工汚濁が高いというような関係が考えられる。

このタイプの浄水場では、原水の水質が人工的汚濁、自然的汚濁ともにきれいになることがほとんどないので、高度の技術と費用を考えなければ水質管理は困難である。

以上のように浄水場を原水の水質の特性から5つの類型に分類すると、たとえば、新規の取水源を選定した場合、この水質特性がどの類型に該当するかをみることにより、どの程度の水質管理が必要となるかが判定できることとなる。

たとえば、いま新しい取水口を選定し、その水質が表Ⅱ-4-4に示すようなものであったとする。この原水を取水する浄水場はどのような類型に属するのか、そしてどのような水質管理が要求されるのかは、原

水水質から計算される I_1 , I_2 の値

を図Ⅱ-4-2上にプロットし、ど

のような位置にどのような形状で分

布するかをみればよい。表Ⅱ-4-

4のデータを式(4)に代入し、 I_1 , I_2

を計算し、この結果を図上にプロッ

トしたのが図Ⅱ-4-3である。プロ

ットされた点(12個の点)は図

中の斜線の部分に分布している。月

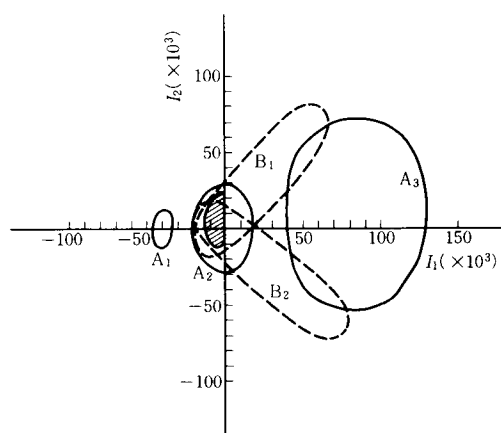
平均にまとめたデータについての

ものよりバラツキが小さく、したがって分布の面積も小さくなっていると考えられるが、

分布の位置及び形状は類型 A_2 と概ね同様であり、したがって、この原水の浄水について

の水質管理は A_2 型の水質管理が必要であることが推定される。

図Ⅱ-4-3 総合指標による類型パターン図に新規取水源の水質の総合指標の値をプロットした図



第5節 総合指標と薬品注入量

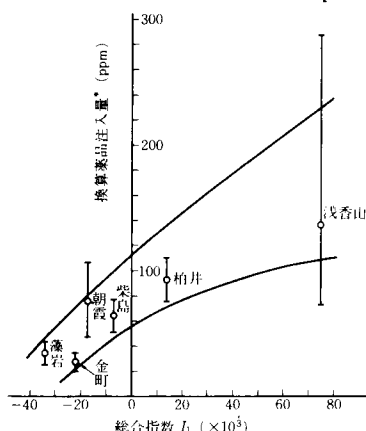
浄水場における薬品注入量は、水質管理の総合的な結果を表わすものと言える。総合指標 I_1 が人工的汚濁の状態、総合指標 I_2 が自然的汚濁の状態を表わすものとするれば、これらの総合指標の値と薬品注入量との間には相関が存在するはずである。この関係が把握されれば総合指標の値を計算することにより、必要な薬品注入量を算出することができる。

図Ⅱ-5-1は薬品注入量と総合指数 I_1 との関係を藻岩、柴島、朝霞、金町、柏井、浅香山の6浄水場について図示したものである。縦軸は換算薬品注入量(硫酸アルミニウ

ムを1としたときPACは、効果と費用を勘案して $\frac{10}{7} \times \frac{29,000}{13,800}$ に相当するとして、両者の合計をとったもの)を単位浄水量あたりで表現したもので、単位は ppmである。横軸は、総合指数 I_1 の各月の値を平均して年間平均値とした値である。図から I_1 が大きくなると薬品注入量が大きくなるという関係がみられる。

新規に取水源が選定された場合、この原水の処理にどの程度の薬品注入量が必要である

図Ⅱ-5-1 薬品注入量と I_1 との関係



* PACの使用量を $PAC \times \frac{10}{7} \times \frac{29,000}{13,800}$ で硫酸アルミニウムの量に換算し、硫酸アルミニウムとしての薬品注入量を算出し、これで浄水量を除いた。データは月平均値、○は平均値、×は1σの範囲を示す。

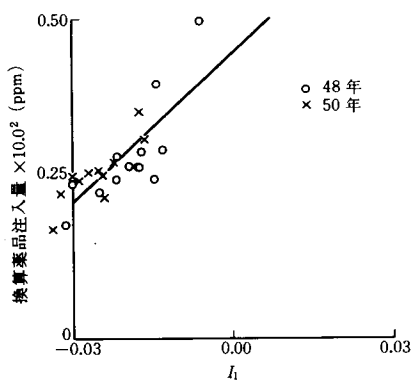
かはこの図から算出できる。たとえば、その原水の水質は表Ⅱ-4-4に示すようなものであったとする。 I_1 の平均値は -4.81×10^3 であるのでこの I_1 に相当する薬品注入量は、図から約50~100 ppmと読みとれ、表Ⅱ-4-4に示すような水質特性の原水処理には月平均で50~100 ppmの硫酸アルミニウム換算の薬品を注入すればよいことになる。

一方、個々の浄水場において、原水の水質変動に対応した薬品注入量の算出にも用いることが考えられる。図Ⅱ-5-2(1)に金町に

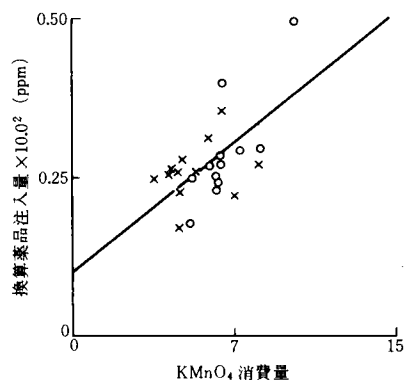
おける薬品注入量と I_1 との関係を示した。相関係数0.81とかなり高い相関がみられる。図Ⅱ-5-2(2)~図Ⅱ-5-2(8)には、 I_2 および各水質項目(濁度、 $KMnO_4$ 消費量等)との関係も参考のため図示したが、これらの図(回帰式及び相関係数は表Ⅱ-5-3に示した。)から、薬品注入量との相関が最も高いのは I_1 であることがわかる。したがって、この浄水場においては、薬品注入量の決定には個々の水質項目(たとえば濁度、 $KMnO_4$ 消費量)を用いるより、総合指標 I_1 を用いた方がベターであると言える。しかしながら、浄水場によっては他の特殊な判断によって薬品注入量が決定される必要がある場合もあるので、上述の例のように I_1 が薬品注入量決定の最もよい指標になるとはかぎらない。

第4節で述べたように、総合指標 I_1 、 I_2 は、全国の代表的な浄水場のデータの解析から算出されたものであるので、個々の浄水場において経時的な水質変動に応じて薬品注入量を管理することに用いるよりは、他の浄水場の実態との比較により自分の浄水場にとって適切な平均薬品注入量を推定するのに用いる方が实际的であろう。

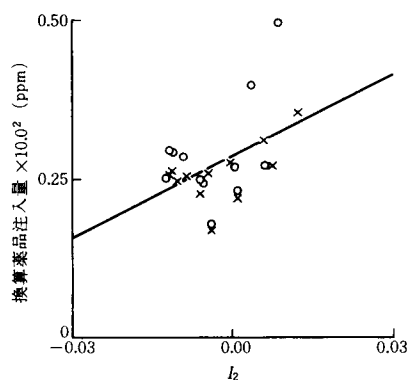
図Ⅱ-5-2(1) 金町浄水場における I_1 と薬品注入力との関係



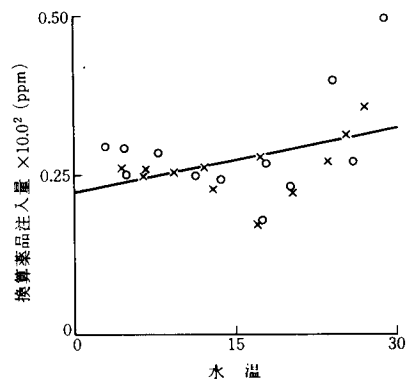
図Ⅱ-5-2(4) 金町浄水場における $KMnO_4$ 消費量と薬品注入力との関係



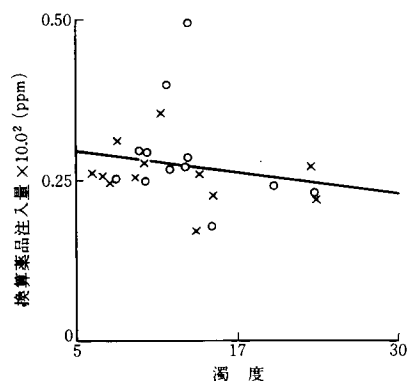
図Ⅱ-5-2(2) 金町浄水場における I_2 と薬品注入力との関係



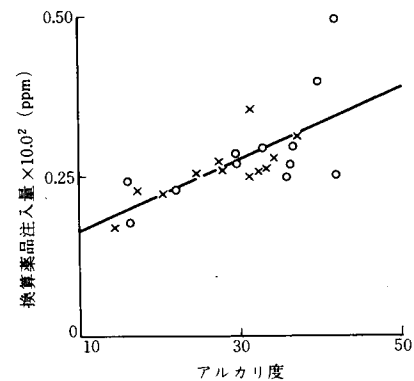
図Ⅱ-5-2(5) 金町浄水場における水温と薬品注入力との関係



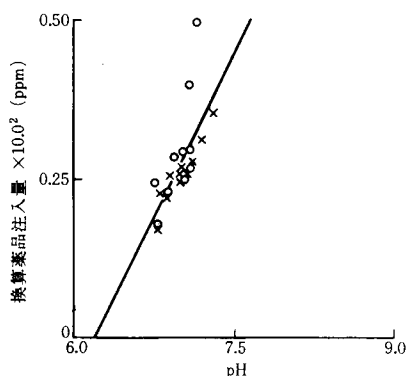
図Ⅱ-5-2(3) 金町浄水場における濁度と薬品注入力との関係



図Ⅱ-5-2(6) 金町浄水場におけるアルカリ度と薬品注入力との関係



図Ⅱ-5-2(7) 金町浄水場におけるpHと薬品注入量との関係



図Ⅱ-5-2(8) 金町浄水場におけるアンモニア性窒素と薬品注入量との関係

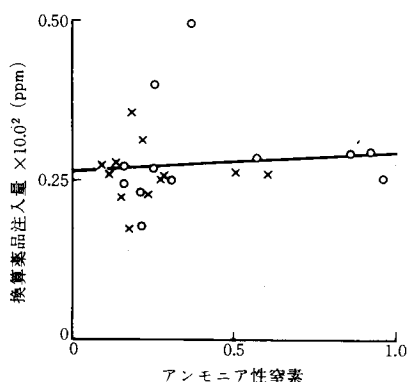


表-Ⅱ-5-2 各浄水場における月別換算薬品注入量 (ppm)

	藻 岩	柴 島	朝 霞	金 町	浅香山	柏 井
昭和48年4月	30.6		107.3	24.2	82.6	84.2
5	31.6		38.3	17.8	72.9	80.2
6	25.9		96.6	23.0	101.0	73.1
7	28.1		101.7	27.0	620.9	89.7
8	57.6		34.3	49.5	158.5	108.4
9	45.2		92.5	39.8	95.2	120.0
10	43.9		40.3	26.7	89.2	119.0
11	40.1		101.3	24.8	88.1	86.0
12	25.8		93.5	25.1	82.9	80.2
1	26.2		62.8	29.5	101.3	84.0
2	31.1		74.0	29.2	87.2	89.9
3	33.9		72.8	28.4	96.1	90.1
昭和50年4月	38.7	81.5	112.2	22.7	87.2	82.4
5	33.2	53.7	41.2	17.1	87.5	84.1
6	25.3	79.1	39.7	22.2	134.7	88.3
7	27.1	81.5	120.2	27.1	117.1	87.8
8	53.4	83.1	115.0	35.4	152.6	97.2
9	37.5	62.8	42.4	31.1	97.2	104.1
10	36.1	67.1	103.4	27.6	94.0	96.8
11	38.5	60.0	109.5	25.9	94.2	148.7
12	31.7	49.0	80.7	24.8	92.7	84.1
1	28.5	42.5	57.4	26.1	395.4	83.6
2	27.4	55.6	40.2	25.7	143.0	81.4
3	26.1	58.9	61.7	25.4	94.2	86.4
平 均	34.3	64.6	76.6	27.3	136.0	92.9
標 準 偏 差	8.8	13.9	29.5	6.7	121.5	16.7

表Ⅱ－5－3 金町浄水場における薬品注入量と各項目間の
回帰式と相関係数

項 目	回 帰 式	相 関 係 数
第 1 主 成 分	$77.2x + 44.6$	0.81
第 2 主 成 分	$42.6x + 28.5$	0.47
濁 度	$-0.260x + 30.7$	-0.20
KMnO ₄ 消費量	$2.72x + 10.0$	0.61
水 温	$0.339x + 22.2$	0.41
ア ル カ リ 度	$0.560x + 10.8$	0.69
pH	$34.3x - 21.3$	0.69
アンモニア性窒素	$2.99x + 26.3$	0.12

第 6 節 第Ⅱ編のまとめ

第Ⅱ編においては水源の汚濁度と浄水管理のレベルに着目して、総合指標を用いて水質特性を表示し、主要な水道水源の類型化を行ない、浄水管理との関連について考察した。

第Ⅰ編第Ⅲ章において紹介したとおり、飲料水やその原水の水質表示は多項目を並列的に行われている。水質管理の目標は終局的には個々の項目の許容基準値であるから、浄水管理についても項目ごとの特性について配慮すべきことは当然である。しかし水源の水質特性を総合的に把えて水源相互間を比較考察し、あるいは浄水管理の関連における水道水源の優劣を適確に論ずることは困難である。

そこで本編においては、わが国の主要浄水場の原水の毎日検査結果を用いて、浄水操作に関係の深い項目を取りあげて主成分分析により総合特性値を求め、原水の水質特性を表示し、その類型化を行った。またこの類型と浄水操作上の留意点との関連について考察した。

全国の浄水場の中から原水水質レベルとその特性からみて代表的と考えられる13の浄水場について、毎日検査項目の種類が少ないもの及び項目間の相関の高いもの（のいずれか一方）を除外する等の作業のうち、水質項目として6項目（水温、濁度、pH、過マンガン酸カリウム消費量、アルカリ度、アンモニア性窒素）を選定し、このすべてを測定している7浄水場（藻岩、朝霞、金町、柴島、玉川、浅香山、柏井）について種々の解析を行った。またアンモニア性窒素を除いた5項目についてそのすべてを測定している9浄水場

(前述の7浄水場到大治、霞浦の2浄水場を加えたもの)についても解析を行った。

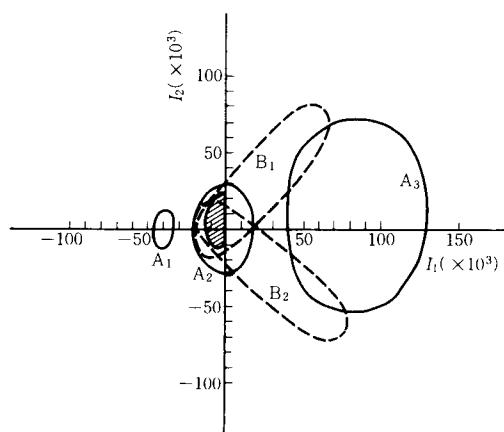
解析の結果と考察の概要は次のとおりである。

(1) 主成分分析の結果、第1主成分と過マンガン酸カリウム消費量、アルカリ度、アンモニア性窒素とは非常に高い相関があり、又第2主成分はこれら3つの汚濁指標との相関はなく、水温、濁度、pHとの相関がみとめられることから、第1主成分は人工汚濁を表わす因子、第2主成分は自然汚濁と気候を表わす因子である。また第3主成分以下はウェイトが小さく評価対象に加えなくても情報の損失は大きくない。

(2) 第1主成分及び第2主成分は水質の総合指標とみることができる。前者(I_1)を横軸、後者(I_2)を縦軸にとり、原水水質をこの図にプロットすると、その分布の位置、形状、面積は原水の水質特性を表現している。

代表的な浄水場の原水水質をこの図にプロットすれば5つの類型に区分することができ、パターン化して図示すれば次図のようである。

総合指標による類型パターン



なお総合指標としての I_1 、 I_2

は次式により表現できる。

$$\begin{aligned} I_1 \times 10^3 = & 0.25(x_1 - 14.64) \\ & + 0.169(x_2 - 19.82) \\ & + 7.81(x_3 - 7.20) \\ & + 1.27(x_4 - 11.65) \\ & + 0.486(x_5 - 44.57) \\ & + 7.28(x_6 - 1.00) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 \times 10^3 = & 1.30(x_1 - 14.64) \\ & + 0.344(x_2 - 19.82) \\ & + 33.6(x_3 - 7.20) \end{aligned}$$

$$+ 0.248(x_4 - 11.65) - 0.124(x_5 - 44.57) - 6.19(x_6 - 1.00)$$

(3) 類型パターンを各浄水場にあてはめると、藻岩(A_1)、朝霞及び金町(A_1 と A_2 の中間)、柴島(A_2)、浅香山(A_3)、柏井(B_1)、玉川(B_2)となり、類型ごとの水質特性と水質管理の概要は次のとおりである。

A_1 : 原水水質の状態は非常に良好である。人工的汚濁は低く、変動も小さい。自然

的汚濁の変動は若干あるが大きい。この類型の浄水場では、原水の水質は良好であるので、水質管理は一般に容易である。自然的汚濁の変動が若干あるので、この点に考慮を払いさえすればよい。

A₂ : 原水水質の特性は A₁ と A₃ の中間的狀態である。

A₃ : 水質の状態は全般的に悪い。人工的汚濁は高く、変動も大きい。自然的汚濁の変動も大きい。

この類型の浄水場における水質管理はかなり困難で、高度の技術を駆使しなければならない。

B₁ : 人工的汚濁及び自然的汚濁の変動が大きい。また、一方が大きくなると他方も大きくなるという関係がある。汚染がかなり進行した湖沼を水源とする浄水場がこれに該当する。

この類型の浄水場では、原水の水質は A₃ ほど悪くはないが、自然的汚濁（富栄養化現象など二次的汚染を含む）の変動が大きいので、原水水質の監視を密にし、異臭味等の問題の起こらないような水質管理が必要である。

B₂ : 人工的汚濁及び自然的汚濁の変動が大きい。また一方が大きくなると他方が小さくなるという B₁ と逆の関係がある。たとえば、降雨等による流量増加に伴い、人工汚濁の希釈による低下が起こるときには濁度の上昇があり、濁度が低下しているときには人工汚濁が高いというような関係が考えられる。

この類型の浄水場では、原水の水質が人工的汚濁、自然的汚濁ともにきれいになることがほとんどないので、高度の技術と費用を考えなければ水質管理は困難である。

(4) 新規取水源に対してどのような水質管理をする必要があるかは、その水質データを上述の図上にプロットして、該当する類型を求めることにより、所要の水質管理方法を推定することが可能である。

(5) 総合指標 I₁ と薬品注入量との間には、他の単独項目よりも強い相関関係がみられ、I₁ を薬品注入量推定又は管理に使用できる可能性がある。

結 論

本論文は、「上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応に関する二・三の研究」と題して、先づ第Ⅰ編においては、わが国上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応について、行政技術上の観点から論じ、第Ⅱ編においては、水道原水の浄水管理上の水質特性を総合指標を用いて表示し、水源の類型化を行ない、浄水管理法について論じたものである。以下にその概要を述べる。

第Ⅰ編第Ⅰ章では、第１節において、わが国の経験及びWHO報告等による世界の飲料水事情から、生活用水にかかる水質問題は、その初期においては主として生活污水や汚物に起因する細菌学的汚染が問題であり、近代産業の発展とともに重金属、新化学物質など化学的汚染が問題となる事情について述べた。またわが国の水道普及率と水系消化器系伝染病患者数の推移から、他の様々な要因も考えられるが、普及率が50%を超える段階以降において患者数も急激に減少することを示した。

第２節では水道の水質問題を大きく支配している原水の水質汚濁状況と水道被害例から環境白書等で例えば大都市近郊の大河川は改善の方向にあるとしているのに対し、水道の水質被害は関東、近畿、九州の三地区で全国の約70%を占めていることから、なお汚濁度が高いことを指摘し、又全国的にみて水道被害例の約60%が取水停止や制限の措置をとっていることから、水道にとって水質汚濁はその態様の変化（とくに富栄養化）とともになお深刻であり、その改善策が強力に推進されるべきであることを強調した。

第３節では現在の水道における水質問題を網羅的に整理し、水道事業をめぐる内外の要因に起因する20項目の課題を挙げて対応策の現状と改善策について概観し、とりまとめた。

第Ⅱ章では、最近とくに新しい対応が要請されている主要な課題をとりあげて、行政的及び工学的対応の現状と問題点をとりまとめ、今後の方向について考察し、若干の提言を行った。

第１節では湖沼等の富栄養化に伴う水道被害は、最近における水道水源のダム依存度の増大と水質汚濁の進行によって増加し、その被害の態様は、汙過池の閉塞、異臭味の発生、マンガンの溶出等であることを、多くの報告例で示した。第２節では第１節による被害の態様の最も一般的な異臭対策としての活性炭処理について、わが国の実態を述べると

ともに、将来は高汚濁水については活性炭処理を義務づける方向で検討すべきことを提言した。すなわち、活性炭処理は生物、フェノール等に基因する異臭除去を主たる目的とし、粉末活性炭注入方式による間^ス隔操作が主流を占め、その平均使用日数は30日未満が過半数であること、季節的又は事故時に短期間だけ使用する場合は処理コストから粉末活性炭処理の方が経済的であること等を示した。反面、間^ス隔操作では多くの場合、異臭発生を予知して事前に対処することが困難で、異臭水供給後の苦情によって知る例も少なくないこと、及び原水中の微量人工有機物質による衛生上の危惧、その多様性と分析技術及び体制の制約から日常監視も不可能に近いから、これら未確認物質の影響を未然に防止する必要があるような印象をうけることから、例えば汚濁度がある水準以上の原水に対しては活性炭処理の常時設置を義務づける方向で、基礎的な研究、及び具体的な設計法、操作法に関する調査研究を進めるべきことを提言した。またこのさいの汚濁度の表示については、合田博士らも提唱しているようにCCEのような処理側と分析側を結びつける新しい中間指標を用いることについても付言した。第3節では浄水場の排水、汚泥の処理処分について、わが国の主要浄水場の実態をとりまとめ、その半数近くが機械脱水法を採用していること、他の浄水場等へ移送し処理しているものもかなりあること等を示した。また計画段階ではわが国の河川は一般に濁度変化がはげしく、例えば年2回の台風時に年度発生量の67%が発生した等の事例を示し、計画発生量の算定、及び高濁時対策に留意すべきこと等を強調した。今後の研究課題としては単位操作の改良開発を経続するとともに、浄水プロセスあるいは水道施設全体と排水、汚泥の処理・処分との関連を合理化することが重要であることを指摘した。また中小規模の浄水場では技術的、及び財政的制約から単独で整備することは困難か、又は不合理であることから、共同処理を推奨し、例えば各浄水場では量、及び質の均等化のための調整機能を保有せしめ、濃縮—脱水—処分は共同化することについて提言した。

第4節では水道水源のダム依存度の増大に伴って問題化している濁水の長期化現象と水道への影響について例示し、対応策としてダム計画時点における事前の水質影響評価と所要の対策を講ずべきことを強調した。第5節では強酸性河川の活用例を示し、代替水源との比較、衛生的、工学的及び経済的検討、及び住民のコンセンサスの必要性を強調した。また河川水全体を中和するかどうかについては費用と効用との均衡について総合的な評価

の上、決定すべきことを論じた。第6節ではいわゆる雑用水道について、その必要性和供給システムの概念、供給目的と水質上の要件について既往の研究成果をとりまとめるとともに今後の工学的及び行政的対応について論じた。雑用水道は、水需給の均衡に資し地域全体が受益する反面、上水道よりコストが高いことから利用者個人の不利益をもたらす。この矛盾を解決するためには、全体と部分が水道水の有効利用の観点で結びついている点に着目し、雑用水道を水道のサブシステムとして位置づけて連けいさせる方式が最も合理的と考える。そこでは雑用水道は上水道の補完的な水源とみなすことができ、相応の財政援助をすることにより、料金の低れん化をはかることが可能となり、現実性をもつことを主張した。

第Ⅲ章では、第1節においてわが国の水質基準及び水質管理の水道初期から現在に至る歴史的経緯をとりまとめた。第2節では水質基準のあり方として、遵守義務のほか、監視測定義務を有する性格から、規制力をもつ水質基準と、基準化する前段の科学的データと勧告値（クライテリア，Criteria）にわけて考えることが適当であることを指摘し、Criteriaについては極力その知見の拡大をはかるべく、基礎的研究を推進すべきことを強調した。また水質基準と給水停止措置の判断基準の一案を示した。第3節では水道原水として利用可能な、あるいは望ましい水質レベルについて、わが国及び諸外国の各種のCriteriaを示し、行政上の目安としてCriteria項目の拡大をはかるべきことを主張し、とくにそのさい原水基準の基本となる浄水法については、通常処理にとどまらず、高度処理に対応する原水基準についても準備すべきことの必要性を強調した。第4節ではわが国における環境基準の類型指定方式の問題点を指摘し、運用上の留意点について提言した。現行の類型指定方式は、同一類型の水質項目間に実態上跛行性があること、類型間の基準の差が汚濁のライセンスを意味する危険があることを指摘し、その運用上の留意点を示した。また環境基準の適否の判断にかかる現行の水質調査法とその評価法について実態的考察を行ない、基準点の選定、水質測定の時期及び回数、ならびに測定結果の処理法について、運用上の留意点を示した。とくに測定回数については、測定結果の信頼度を、年間測定値を均等間隔で抽出して得た水質値のMax、Min及びAvr（75%非超過確率値及び平均値）を用いて、変動巾＝ $(\text{Max} - \text{Min}) / \text{Avr} \times 100\%$ で表わし、既往の測定資料を用いて、信頼における測定回数は2週間に1回以上であろうことを示した。

第Ⅳ章では、わが国上水道における水質管理体制の実態を分析し、将来の方向として地域単位の水質管理センター構想を提唱した。第１節では主要な浄水場における原水水質の自動測定装置の設置状況、共同監視組織の整備状況、生物監視及び原水の水質検査の実施状況を取りまとめ、例えば関東、近畿地方等の水質汚濁の進行している地方の充実していること等を示した。第２節では全浄水場の水質検査体制の整備状況を取りまとめ、自己検査体制とその内容について分析し、全国的には水質検査体制は必ずしも十分とはいえず、とくに小規模水道の検査体制の拡充の必要性を強調した。第３節では水質検査体制の整備の方向として、小規模水道では技術者の確保及び財政負担上の制約から単独で自己検査体制の整備は困難であるから、地域単位の共同水質管理体制の整備—水質管理センター構想を提唱した。すなわち実態上、技術的、及び財政的にみて給水人口２５万人でいど以上を包括する地域を単位として、地域内の水道の水質管理業務が遂行できるよう、水質管理の中枢的役割を果す水質管理センター、各浄水場での浄水管理上必要な検査を行なう支所、及び給水栓水検査や事故調査等のための機動力の三者が総合された水質管理体制を構想した。またこの構想に基づくセンターの検査業務量、組織、人員、所要経費を具体的２例について試案を示した。なおこの構想の推進にあたっては、各水道事業者が水質管理の重要性について十分に問題意識をもって共同化に協力する姿勢が必要であり、又、国及び県の誘導、調整を要することを強調した。

第Ⅱ編では水源の汚濁度と浄水管理法に着目して、総合指標を用いて水質特性を表示し、主要な水道水源の特性の類型化を行なうとともに、浄水管理法との関連について考察した。現在の水質表示は多項目を並列的に行われていて、水源の水質特性を総合的に把えて水源相互間を比較、評価し、あるいは浄水管理のあり方をマクロ的に把握することは困難である。本論文においては浄水操作に関係の深い項目を取りあげ、わが国の代表的な浄水場の水質資料を用いて、主成分分析法により総合特性値を求め、原水の浄水操作上の水質特性を表示するとともに、浄水場の類型化を行った。第１節から第３節までにおいて、第１主成分は人為的汚濁を、第２主成分は自然的汚濁をそれぞれ表わす因子であり、第３主成分以下はウェイトが小さいことから第１主成分と第２主成分は原水の水質特性を表わす総合指標とみなし得ることを示した。総合指標は次のようである。

$$I_1 \times 10^3 = 0.25 (x_1 - 1464) + 0.169 (x_2 - 1982) \\ + 7.81 (x_3 - 7.20) + 1.27 (x_4 - 11.65) \\ + 0.486 (x_5 - 4457) + 7.28 (x_6 - 1.00)$$

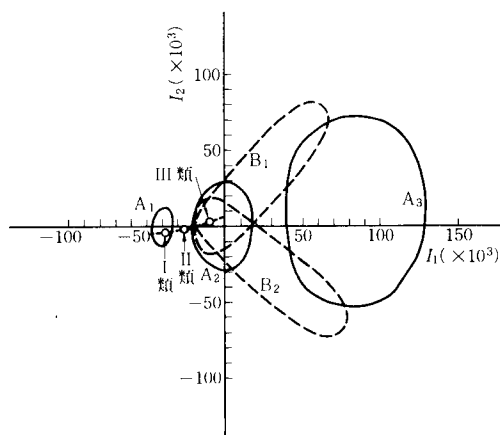
$$I_2 \times 10^3 = 130 (x_1 - 1464) + 0.344 (x_2 - 1982) \\ + 33.6 (x_3 - 7.20) + 0.248 (x_4 - 11.65) \\ - 0.124 (x_5 - 4457) - 6.19 (x_6 - 1.00)$$

ここで、 I_1 、 I_2 はそれぞれ第1主成分、第2主成分、 x_1 = 水温、 x_2 = 濁度、 x_3 = pH、 x_4 = KMnO_4 消費量、 x_5 = アルカリ度、 x_6 = アンモニア性窒素である。

第4節では第1主成分を横軸、第2主成分を縦軸にとってその分布をみると、その位置、形状、面積は原水の水質特性を表現し、かつ5つの類型に区分することができることを示した。またそれぞれの水質特性に対応する水質管理の基本を示し、新規水源についての所要の水質管理法を決定する一つの手法となりうることを指摘した。第5節では第1主成分と薬品注入量との間に強い相関がみとめられることから、第1主成分を薬品注入操作に利用できる可能性があることを指摘した。

水資源の有限性から、地域によって水源の質的選択の自由度が抑制されて、汚濁原水の使用を余儀なくされ、かつ汚濁の態様も多様化の動向を強めている。生活用水の衛生性、利便性を確保するための水質管理は、直接的には水道事業者の責務であるが、行政の果たすべき役割は今後とも増大するであろう。本研究が行政技術上の対応の一ステップとなれば幸いである。

総合指標による類型パターン



終りに臨み、本論文の作成にあたり、終始懇篤な御指導、御鞭撻を賜った京都大学教授、岩井重久博士に対し深甚の謝意を表したい。また特段の御指導と御援助をいただいた元国立公衆衛生院衛生工学部長、故南部祥一博士に対し哀悼の意を表しつつ感謝したい。また本研究に御協力いただいた金子光美、小林康彦、真柄泰基、藤原正弘、坂本弘道、片山徹、松田奉康、鈴木繁、森一晃、山村尊房、中村一誠、蔵本武明の諸氏、ならびに貴重な資料を提供していただいた各都市の関係者、及び榊原定吉、堀春雄、菅野明男、故柳瀬至康の諸氏に対し、心から感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

第 I 編

(第 I 章関係)

- 1) 日本水道協会；日本水道史・総論編 (昭 42)
- 2) 厚生省編；水道行政 (水道講座(1)：事務・技術総論編)、日本水道協会 (昭 45)
- 3) 為藤隆弘；水道行政法提要 (昭 37.9)
- 4) 石橋多聞；上水道学、技報堂 (昭 44)
- 5) UN.Water Confevence；Resources and Needs Assesment of
the World Water Situation (1977.3)
- 6) WHO；Report on Community Water Supplies (1977.1)
- 7) 内務省；衛生局年報 (～昭 11)
- 8) 同 上；衛生年報 (昭 12)
- 9) 厚生省；衛生年報 (昭 13～23)
- 10) 厚生省；伝染病精密統計年報 (昭 24～26)
- 11) 厚生省；伝染病および食中毒精密統計年報 (昭 27～32)
- 12) 厚生省；伝染病および食中毒年報 (昭 33～34)
- 13) 厚生省；伝染病および食中毒統計 (昭 35～50)
- 14) 環境庁；昭和 51 年度公共用水域の水質測定結果について (昭 52.12)
- 15) 環境庁；環境白書 (昭 51)
- 16) 厚生省；水質汚染事故による被害状況調査 (昭 51)
- 17) 浜田康彦；水道水源における水質汚染事故とその対策・水道協会雑誌・№ 506
(昭 51.11)

(第 II 章関係)

- 1) Ives,K.J.；Control of algae in reservoirs,Water and
Water Eng. 61,737 (1957)
- 2) Baylis,J.R.；Microorganisms that have caused trouble

in the Chicago water system , Pure Water , 9,47～
74 (1957)

- 3) 小島貞男；上水道の浄水作業を対象とした貯水池 plankton の control に関する研究，自己出版（1964）
- 4) 水道協会異臭味水対策専門委員会の内部資料（1977）
- 5) 土木学会；琵琶湖の将来水質に関する調査報告書．昭和44年版～昭和47年版（1969～1972）
- 6) 京都市水道局水質試験所報告 昭和44年版～昭和50年版
- 7) 小出悟郎；上水道汚染の指標としての生物、バイオテク，2(10) 792-798(1971)
- 8) 赤沢 寛、橋本徳蔵；相模湖における富栄養化の経過、水道協会雑誌、477,13 - 25(1974)
- 9) Whipple, G.C., Fair, G.M., and Whipple, M.C. ; The microscopy of drinking water , 4th ed . J.Wiley and Sons , New York (1948)
- 10) Silvey, J.K.G. ; Newer concepts of tastes and odors in surface water supplies , Water & Sewage Works , Nov , 426 - 429 (1953)
- 11) Lin , S.D. ; Sources of tastes and odors in water , part 1 & Part 2 , Water & Sewage Works, June 101 - 104 , and July 64 - 67 (1976)
- 12) Lin , S.D. ; Tastes and odors in water supplies ; A Review, Water & Sewage Works , RN 141 - 163 (1977)
- 13) Silvey , J.K.G., Russel , J.C., Redden , D.R., and Micormik , W. ; *Actinomyces* and common tastes and odors , JAWWA , 42(11) 1018 - 1026 (1950)
- 14) 日本水道協会；上水の脱臭方法，水道協会雑誌，414，119～133（1969）
- 15) Gerber , N.N., and Lechevalier, H.A. ; Geosmin , Anearthry-Smelling substance isolated from *Actinomyces*. Applied Mic-

- robiology , 13 , 935—938 (1965)
- 16) Safferman , R.S. , Rosen , A . A . , Mashni , C . I . , and Morris , M.E. ; Earthy—Smelling substance from blue—green Alga .
Envir . Sci . Techn . 1 , (3) 429~430 (1967)
 - 17) Medsker , L.L. , Jenkins , D. , and Thomas , J.F. ; Odorous compounds in natural waters , Environ . Sci . Techn . 2(6) , 461—464 (1968)
 - 18) Marshall , J.A. , Hochstetler , A.R. ; The synthesis of (±)-geosmin and the other 1,10-Dimethyl-9-decanol isomers , J.Org. Chem. , 33(6)2593—2595 (1968)
 - 19) Rosen , A.A. , Mashni , C.I. , and Safferman , R.S. ; Recent developments in the chemistry of odor in water ; The cause of earthy/musty odor , Water Treatment and Examination , 19, 106—119 , (1970)
 - 20) 神戸市水道局 ; かび臭調査研究会報告 I (1974)
 - 21) 近藤正義、喜多 理 ; 上水の異臭味に関する問題点、大阪市水道局水質試験所調査報告、第12集1~6 (1960)
 - 22) 八木正一 ; 日本の水道におけるかび臭、第12回水質汚濁に関するシンポジウム , 1—17 (1978)
 - 23) 菊池 徹 ; 琵琶湖および印旛沼の水の臭気問題、分析化学、22(11) , 1530—1538 (1973)
 - 24) 菊池 徹、三村鉄太郎、伊藤義邦、針間矢研二、松田良夫、正田芳郎 ; 神戸市上水道水源池から分離された放線菌、藍類、および真菌類の臭気成分ならびに千叡貯水池の水から 2-Methylisoborneol の検出、水道協会雑誌、492 , 23—37 (1975)
 - 25) 諏訪通法、乙幡 恵 ; 放線菌の培養とカビ臭物質の検出、用水と廃水、18(2) , 33—38 (1976)
 - 26) 土屋悦輝 ; 水の臭気に関する基礎的研究(1)、東京都衛生研究所年報 25 , 445—451 (1974)

- 27) 渡辺 徹；力丸貯水池の水質調査と取水管理、水道協会雑誌、462, 24-40
(1973)
- 28) 手塚泰彦；河川の汚染、築地書館(1974)
- 29) Curtis, E.J.C., and Harrington, D.W. ; The occurrence of
sewage fungus in rivers in the United Kingdom. Water
Research, 5, 281-290 (1971)
- 30) 上野英世；江戸川原水中の *Sphaerotilus* とその障害、水道研究、50, 1-8
(1968)
- 31) 北川睦夫；活性炭工業、重化学工業通信社(昭50.6)
- 32) 阿武隈川水質保全連絡協議会；阿武隈川水質調査報告書(第3報)(昭47.12)
- 33) Robeck, G.G. et al ; J. AWWA, 57(2) (1965)
- 34) W.S. Holden ; Water Treatment and Examination, (1970)
- 35) 広瀬孝六郎；都市上水道
- 36) 日本水道協会；日本水道史第1巻
- 37) 今川真吾；水処理の実際における活性炭の使用と再生、水道協会雑誌、485号
(昭50.2)
- 38) 日本水道協会；水道施設設計指針・解説(1977)
- 39) 千葉県水道局水質問題研究会；原水汚濁等を原因とする水質問題の処理に関する研
究報告書、(昭和49.3)
- 40) Metcalf & Eddy Inc. (浅野訳)、廃水処理工学2
- 41) 水高度利用委員会；水の環境基準に関する研究報告書(昭和45.3)
- 42) 円保憲仁；水質マトリックスによる水質変換特性の評価、昭和51・52年度研究報
告書
- 43) 京都市水道局臭い水対策研究会；京都市における臭い水対策、水道協会雑誌 462号
(昭和48.3)
- 44) 東京都水道局；塩素処理に関する有機塩素化合物の生成に関する調査報告書、(昭和
52.3)
- 45) 合田健、田井慎吾；廃水の高度処理と水質の限界、用水と廃水 vol 18, No. 9 (1976)

- 40) 日本環境省：環境基準：環境基準法 第17条 (1973)
- 41) USEPA: Interim Primary Drinking Water Regulations, Control of Organic Chemical Contaminants in Drinking Water (1976)
- 42) J.M. Simmons, USEPA, Cincinnati: Interim Treatment Guide For the Control of Chloroform and other Trihalomethanes (June, 1976)
- 43) USEPA, Cincinnati: Activated Carbon Adsorption of Trace Organic Compounds (Dec, 1977)
- 44) J.M. Simmons, USEPA, Cincinnati: Interim Treatment Guide For Controlling Organic Contaminants in Drinking Water Using Granular Activated Carbon. (Jan, 1978)
- 45) 小島武男：日本環境基準。今野隆雄、日本環境社(1977)
- 46) 日本環境基準、Water Quality Criteria, USEPA (1973)
- 47) 環境省：環境基準法。日本工業規格：環境基準法(1973)
- 48) 三田、今野：環境基準と公害防止対策(1978)
- 49) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 50) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 51) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 52) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 53) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 54) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 55) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 56) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 57) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 58) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 59) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 60) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 61) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 62) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 63) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 64) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 65) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 66) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 67) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 68) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 69) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 70) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 71) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 72) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 73) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 74) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 75) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 76) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 77) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 78) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 79) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 80) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 81) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 82) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 83) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 84) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 85) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 86) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 87) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 88) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 89) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 90) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 91) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 92) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 93) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 94) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 95) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 96) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 97) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 98) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 99) 環境基準法：環境基準法(1973)
- 100) 環境基準法：環境基準法(1973)

- 65) 東京都首都圏整備局；水の循環利用適合性予備調査報告書（昭 48.3）
- 66) 日本水道協会；雑用水道（中水道）基準調査研究、中間報告書（昭 51.3）
- 67) 日本水道協会；雑用水道技術指針に関する調査研究報告書（昭 52.3）
- 68) 国土庁水資源局；都市下水の再利用に関する費用効果分析（昭 53.3）
- 69) 日本水道協会；雑用水道のウイルスに関する基礎的研究報告書（昭 52.3）

（第Ⅲ章関係）

- 1) 日本水道協会；日本水道史・総論編（昭 42）
- 2) 厚生省医務局編；医制百年史（昭 51）
- 3) 塩川久男；わが国における近代水道敷設以前の上水水質分析について、商学集誌（人文科学編）第 9 巻第 2 号（昭 52.12）
- 4) 塩川久男；R.W.アトキンソン—生涯と彼による上水水質分析について、化学史研究第 6 号、汲古書院（昭 52）
- 5) 柳瀬至康；遠山椿吉先生と水道、水道協会雑誌（昭 47.12）
- 6) 甲府市水道史（1920）
- 7) 横浜市水道 70 年史（1962）
- 8) 岩崎富久；衛生工学上水道、日本工人倶楽部（1924）
- 9) 同 上；同 上、日本文化協会（1935）
- 10) 水道協会；上水試験法（昭和 11 年 10 月改訂）（1936）
- 11) 同 上；水質試験法関係類集（1944）
- 12) 同 上；飲料水の判定標準とその試験方法（1950）
- 13) 広瀬孝六郎；上水道学、養賢堂（1952）
- 14) 日本水道協会；水質基準の検査方法註解（1959）
- 15) 大阪市水道局 水質試験所報告第 10 集（1958）
- 16) 関東水道衛生協議会成立の経緯（1975.10）
- 17) 山村勝美監訳；Water Quality Criteria, USEPA（1972）
- 18) WHO；European Standards For Drinking Water , 2nd Edition（1970）

- 19) WHO ; International Standards For Drinking Water , 3rd Edition (1975)
- 20) USEPA ; National Interium Primary Drinking Water Regulation , EPA-570/9-76-003 (1975)
- 21) USPHS ; Drinking Water Standards (1962)
- 22) USSR 国定規格 2874-73 飲料水 (1973)
- 23) 生活環境審議会 (厚生省) 水道部会 ; 水質基準の改正に係る報告書 (昭 53.5)
- 24) 厚生省水道整備課編集 ; 水道実務六報 (昭 52)
- 25) 生活環境審議会公害部会 ; 水道水源の水質環境基準 (答申) (昭 45.4)
- 26) ソ 聯 邦 保 健 省 ; 衛 生 的 生 活 の 用 に 供 す る 水 道 水 源 の 水 質 に 関 す る 有 害 物 質 の 許 容 限 界 及 び 飲 用 も し く は 文 化 的 生 活 の 用 に 供 す る 水 域 の 水 質 の 成 分 及 び 性 状 に 関 す る 要 望 (岡 沢 訳、水道協会雑誌 487 号、昭 50.4)
- 27) 国連経済社会理事会ヨーロッパ経済委員会 ; Methods of Establishing National Protection Standards for Majon Water Pollution — Quality Standards for Waters and Effluents .
- 28) 日本水道協会編、厚生省監修 ; 水道施設設計指針・解説 (昭 52)
- 29) 日本水道協会 ; 水道統計 (昭 50)
- 30) 建設省河川局 ; 水道年表 (昭 48、50)
- 31) OECD ; Programme on Policies for Water Pollutions Control , Treatment Technologies — Potable Water , Contribution to an Economic Study (OECD ENV/WAT/77.6)
- 32) 経済企画庁 ; 水質汚濁に係る環境基準の取扱いについて (通知)、(昭 45.7)
- 33) 環境庁 ; 水質調査法 (昭 46.9)
- 34) 科学的技術庁研究調整局 ; 都市排水の質的制御システムに関する総合研究
- 35) R.V.Thomann ; System Analysis & Water Quality Management , Environmental Science Service , USEPA (1972)
- 36) Hall and Dracup ; Water Resources Systems Engineering (1970)

- 37) 山村勝美；諸外国における水質管理についてⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、公害と対策 vol 12、
№6、7、9、10
- 38) 合田健；水質工学（基礎編、応用編）、丸善（昭50）
- 39) 山村勝美；わが国の水道水質基準に関する歴史的経緯、水道協会雑誌№525
（昭53.6）

（第Ⅳ章関係）

- 1) 厚生省水道整備課編；水道実務六法（昭52）
- 水道法
 - 水道法の施行について（昭32.12.27事務次官通達）
 - 水道法の施行について（昭49.7.26水道環境部長通達）
- 2) 山村勝美；水質管理体制の現状と将来の方向、水道協会雑誌№523（昭53.4）

第Ⅱ編

- 1) 環境庁；昭和50年度公共用水域水質測定結果について、（昭51.12）
- 2) 奥野忠一ら；多変量解析法、日科技連（昭52.2）
- 3) 土木学会；水質変化予測基本調査報告書（昭50.3）
- 4) 松本順一郎；女川湾における細菌汚染の実態とその解析、第5回土木学会環境問題
シンポジウム講演集
- 5) 山村勝美；原水水質と浄水管理についての一考察、水道協会雑誌№521（昭53.2）